

50X1-HUM

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

S-E-C-R-E-T

50X1-HUM

COUNTRY	USSR	REPORT	
SUBJECT	Miscellaneous Soviet Technical and Military Publications	DATE DISTR.	10 May 1960
		NO. PAGES	2
		REFERENCES	
DATE OF INFO.			
PLACE & DATE ACQ.			50X1-HUM

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

The following Russian-language publications [redacted] 50X1-HUM
 [redacted] have been published in Moscow by the Military Publishing
 House of the Ministry of Defense of the USSR [redacted] 50X1-HUM
 [redacted] When detached from this
 report all the publications may be considered as FOR OFFICIAL USE ONLY.

- a. Att. No. 1 entitled Radio i Radiolokatsionnaya Tekhnika i ikh Primeneniye (Radio and Radar Technique and Their Application) by K.M. Listov and K. N. Trofimov. The book contains numerous photographs and drawings and a total of 424 pages. It was published in 1960.
- b. Att. No. 2 entitled Oruzhiye Aviatsii (Aircraft Weapons) by V. N. Zhukov. The book deals with air strafing, bombs and aerial bombardment, bomb-sights, rocket firing aircraft, and nuclear weapons used by aircraft. It contains numerous drawings and 135 pages of text. It was published in 1959.
- c. Att. No. 3 entitled Artilleriya Voyevogo Korablya (Combat Shipboard Artillery) by D. I. Solovyev. This book contains drawings and 172 pages of text. It was published in 1957.
- d. Att. No. 4 entitled Transportnaya Deyatel'nost' Podvodnykh Lodok (Transport Activities of Submarines) by Admiral I. S. Isakov and Captain First Rank L. M. Yeremeyev. This book contains drawings and 371 pages of text. It was published in 1957.
- e. Att. No. 5 entitled Posobiye po Obucheniyu Molodykh Soldat (Instruction Manual for Young Soldiers) by Col. M. G. Bloshenko, Col. F. K. Gavriko, Col. I. D. Kirin, Col. K. Ye. Shvidchenko, and Lt. Col. A. K. Loshchilov. This book contains drawings and 343 pages of text. This copy is the second edition containing corrections and additions. It was published in 1959.

S-E-C-R-E-T

50X1-HUM

STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	NSA	X	FBI		NIC	X		
(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#".)															

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

50X1-HUM

S-E-C-R-E-T

50X1-HUM

-2-

- f. Att. No. 6 entitled Spravochnik po Korabelnomu Sostavu Inostrannykh Flotov (Handbook of Foreign Naval Vessels) edited by Engineer-Captain First Rank P. A. Favorov. The book deals with the navies of the world much as is done in Jane's Fighting Ships. Specifications, designations, and photographs of ships of the world's navies are presented. The book contains 532 pages and it was published in 1959.

50X1-HUM

S-E-C-R-E-T

Б И Б Л И О Т Е К А О Ф И Ц Е Р А

К. М. ЛИСТОВ, К. Н. ТРОФИМОВ

РАДИО
И РАДИОЛОКАЦИОННАЯ
ТЕХНИКА
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
МОСКВА — 1960

К. М. Листов, К. Н. Трофимов

Радио и радиолокационная техника и их применение

Книга состоит из двух частей. Первая часть содержит краткие сведения из радиотехники, истории развития радиосвязной аппаратуры, а также принципы устройства и работы радиоаппаратуры, применяющейся в сухопутных войсках и на флоте. Вторая часть книги знакомит читателя с историей развития радиолокации в нашей стране, с физическими основами радиолокации, классификацией радиолокационных средств и применением их в военном деле.

Книга рассчитана на общевоинского офицера со средним образованием. Она не претендует на освещение официальной точки зрения по затронутым вопросам, а отражает лишь взгляды авторов. В основном она написана по материалам, опубликованным в открытой зарубежной литературе.

В написании труда также принимали участие: Гришин М. Г. (в гл. VII); Сончик С. С. (в гл. VI); Саводник А. В. (в гл. IV, V и общее редактирование гл. I—V).

ВВЕДЕНИЕ

В жизни современного человеческого общества исключительно большую роль играет радио. Оно стало одной из важнейших основ новейшей техники, получило широкое распространение и универсальное применение.

Родиной радио, этого величайшего достижения современной науки и техники, является Россия. Изобрел радио сын русского народа талантливый ученый Александр Степанович Попов, столетие со дня рождения которого отмечалось в марте 1959 г. Изобретением радио был подведен итог творческой работе ученых многих стран, и прежде всего Ломоносова, Фарадея, Максвелла, Герца.

Мысль о радио как о средстве связи на расстояние без проводов впервые была высказана А. С. Поповым весной 1889 г. Выступая в Кронштадтском морском собрании, он говорил: «Человеческий организм не имеет еще такого органа чувств, который замечал бы электромагнитные волны в эфире; если бы изобрести такой прибор, который заменил бы нам электромагнитные чувства, то его можно было бы применять к передаче сигналов на расстояние».

Многим эта мысль показалась тогда несбыточной мечтой, однако русский ученый сумел воплотить эту мечту в действительность.

7 мая 1895 г. на заседании физического отделения Русского физико-химического общества в Петербурге А. С. Попов сделал доклад о своем изобретении и продемонстрировал созданный им первый в мире приемник радиоволн. Вначале этот приемник применялся для регистрации электромагнитных волн, возбуждаемых грозowymi разрядами, отсюда и появилось его название — «грозоотметчик».

А. С. Попов не принадлежал к числу кабинетных ученых. Хорошо зная нужды морского флота, он понимал, что в открытом море беспроволочная связь особенно необходима. Поэтому, несмотря на материальные трудности и бюрократические рогаки, которые приходилось преодолевать ученому, он проводил многочисленные эксперименты по установлению радиосвязи между кораблями, увенчавшиеся большими

успехами. В процессе этих опытов он обнаружил явление рассеяния волн корпусами и надстройками кораблей. Это очень важное открытие впоследствии легло в основу современной радиолокации и радионавигации.

Первая в мире практическая линия радиосвязи была установлена А. С. Поповым в начале 1900 г. между островом Гогланд и городом Котка на расстоянии около 46 км.

А. С. Попов был одним из образованнейших людей своего времени. Он глубоко верил в прогрессивные силы народа, беззаветно работал на его благо, отдавал все свои силы и знания, весь свой талант любимой родине. Интересы родной страны всегда были для него превыше всего.

В ответ на попытки иностранных капиталистов купить изобретение Попова и переманить его к себе он писал: «Нет, я русский человек, и все свои знания, весь свой труд, все свои достижения имею право отдать только моей родине. Я горд тем, что родился русским. И если не современники, то, может быть, потомки наши поймут, сколь велика моя преданность нашей родине и как счастлив я, что не за рубежом, а в России открыто новое средство связи».

Однако, несмотря на успехи, достигнутые А. С. Поповым, радиотехника в царской России развивалась медленно, что объяснялось слепым преклонением царских чиновников перед заграницей, их неверием в творческие силы русского народа. Правящие круги дореволюционной России не заботились о развитии отечественной радиопромышленности; они добровольно отдали реализацию русского изобретения иностранному капиталу.

Только после Великой Октябрьской социалистической революции радио получило в нашей стране широкое развитие. Коммунистическая партия и Советское правительство проявляют об этом заботу с самого начала революции. Создатель Советского государства великий Ленин придавал радио огромное значение. Он часто пользовался им, когда необходимо было срочно довести до сведения народа важные сообщения. Так, 7 ноября 1917 г. в 10 часов утра радиостанция крейсера «Аврора» передала написанное Владимиром Ильичем Лениным обращение «К гражданам России», в котором сообщалось, что буржуазное Временное правительство свергнуто и власть перешла в руки Военно-революционного комитета. 12 ноября та же радиостанция передала радиограмму, сообщавшую о создании Советского правительства; о немедленном переходе помещичьих земель в руки крестьянских комитетов и о предложении демократического мира.

По инициативе В. И. Ленина в первые же годы Советской власти были приняты специальные постановления правительства о централизации радиотехнического дела в стране, о разветвлении научно-исследовательских работ в Нижегородской

лаборатории, значение которой определялось как «первый этап в организации в России государственного социалистического радиотехнического института», о строительстве радиовещательных станций и организации радиовещания.

В. И. Ленин постоянно следил за работами в области радиотехники. В своем письме к руководителю Нижегородской лаборатории М. А. Бонч-Бруевичу Ленин писал по поводу успешных опытов радиотелефонных передач: «Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом».

Одним из проявлений неустанной заботы Партии и Правительства о советском радио было принятое в 1945 г. Советским правительством постановление «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым». В этом постановлении сказано:

«Учитывая важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечественной науки и техники в области радио и поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения, установить 7 мая ежегодный «День радио». Этот день теперь отмечается ежегодно по всей стране как всенародный праздник.

За годы пятилеток в развитии отечественной радиотехники были достигнуты большие успехи. Вместо одной лаборатории, в которой до революции работала небольшая группа специалистов, было создано много первоклассных научных институтов и лабораторий, занимающихся вопросами радиотехники.

Ближайший помощник А. С. Попова — П. Н. Рыбкин по случаю пятидесятилетия изобретения радио сказал:

«Это изобретение нам дорого не только потому, что теперь оно предстало перед нами во всем блеске, что оно глубоко проникло в наш быт и в нашу технику, оно нам дорого еще и тем, что радио пока не сказало своего последнего слова. Будущее радио еще впереди».

И действительно, изобретение радио ознаменовало собой лишь начало новой эпохи в развитии науки — эпохи радиоэлектроники. В первый период развития радиотехники ученые занимались вопросами связи, затем — вопросами радиовещания. За последние же 20 лет радиотехника в сочетании с электрикой, физикой твердого тела, оптикой и другими науками нашла много совершенно новых областей применения и получила новые направления развития.

В понятие радиоэлектроники в настоящее время входят: связь, радиовещание, радиолокация, телевидение, радионавигация, радиотелемеханика, радиоастрономия, радиометеорология, радиоспектроскопия и многие другие отрасли науки и техники.

Радиоэлектроника играет огромную и все возрастающую роль в промышленности, научных исследованиях.

За сорок лет своего развития она стала одной из ведущих отраслей советской науки.

О выдающихся достижениях советских ученых, конструкторов, инженеров, об уровне развития радиотехнической промышленности СССР убедительно свидетельствуют созданные в нашей стране самый мощный в мире синхрофазотрон на 10 миллиардов электроновольт, различные счетные электронные машины, искусственные спутники Земли и Солнца.

С запуском первой космической ракеты, ставшей искусственным спутником Солнца, а также с запуском второй и особенно третьей космических ракет, была одержана новая блестящая победа в истории мировой радиотехники — достигнута неведомая до сих пор дальность радиосвязи. На заре развития радиотехники установление связи на десятки и сотни километров считалось огромным успехом. Позже люди с восхищением говорили о радиосвязи на тысячи километров. С космической же ракетой поддерживалась радиосвязь на расстоянии в полмиллиона километров от Земли!

Новые огромные задачи перед радиотехникой и электронной поставлены в семилетнем плане развития народного хозяйства СССР, к выполнению которого с воодушевлением приступил советский народ.

Велики роль и значение радиоэлектроники в деле укрепления обороноспособности нашей Родины.

Для управления боевыми действиями войск в современных условиях нужна четкая связь, и в первую очередь радиосвязь, базирующаяся на высококачественные войсковые радиостанции, радиорелейные станции и аппаратуру уплотнения радиоканалов. Кроме того, для эффективных действий авиации и флота в любых условиях, в частности в условиях плохой видимости, требуются радиолокационные станции, радиомаяки, автопилоты, высотомеры, глубиномеры, радиопеленгаторы и другая специальная радиоаппаратура.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ РАДИОСРЕДСТВА СВЯЗИ

ГЛАВА I

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ВОЕННОЙ РАДИОСВЯЗИ

Радиосвязь возникла на русском военно-морском флоте. 24 марта 1896 г. А. С. Попов впервые в мире осуществил радиосвязь на расстояние 250 м; им была передана радиограмма, состоявшая из слов ГЕНРИХ ГЕРЦ. Сигналы азбуки Морзе передавались телеграфным ключом от вибратора Герца, а принимались на телеграфную ленту первой приемной радиостанции, совмещавшей в себе «грозоотметчик» Попова и приемную часть аппарата Морзе. Так был сделан важнейший шаг по пути освоения радио как средства беспроволочной связи.

В начале 1897 г. была осуществлена радиосвязь между кронштадтским берегом и кораблем на расстоянии 640 м, а летом 1897 г. — на расстоянии 5 км.

В течение 1896—1897 гг. под руководством А. С. Попова были сконструированы первые военные приемно-передающие радиостанции с искровыми передатчиками. Они излучали широкий спектр частот и создавали поэтому значительные взаимные помехи.

В 1899 г. П. Н. Рыбкин обнаружил возможность приема телеграфных сигналов на телефон, т. е. на слух. Применение этого метода позволило принимать очень слабые сигналы, что значительно увеличило дальность и надежность радиосвязи. Так, в период 1898—1899 гг. радиосвязь между берегом и кораблем поддерживалась на расстояниях до 35 км. При этом на корабельных радиостанциях использовались антенны длиной до 40—50 м, а на береговых — до 100 м.

Некоторым толчком, ускорившим развитие радиосвязи в России и внедрение ее в военно-морском флоте, послужил следующий случай.

В ноябре 1899 г. броненосец «Генерал-адмирал Апраксин», следуя из Кронштадта в Либаву, у острова Гогланд сел на



А. С. Попов демонстрирует адмиралу С. О. Макарову
первую радиостанцию
(С картины художника И. С. Сорокина)

камни. Для проведения спасательных работ необходимо было срочно установить связь между Кронштадтом и местом аварии.

Однако телеграфная связь по проводной линии была лишь с городом Котка на финском побережье. Между материком и островом никакой связи не существовало. В связи с этим Морское ведомство решило попытаться воспользоваться радиотелеграфом и поручило А. С. Попову создать между островом Гогланд и городом Котка радиопередающую линию протяженностью в 45 км. Такая радиопередающая линия была построена и успешно проработала с февраля по апрель 1900 г. По ней было передано 440 радиотелеграмм из 6300 слов.

Общий вид радиостанции, расположенной в Котке, показан на рис. 1.

Радиопередающая линия Котка — Гогланд была первой практической линией радиосвязи, успешная работа которой подтвердила не только возможность, но и необходимость применения радио для связи. Высоко оценивая результаты работы этой радиопередающей линии, командир кронштадтского порта адмирал С. О. Макаров писал Попову: «От имени всех кронштадтских моряков сердечно приветствую Вас с блестящим успехом Вашего изобретения.

Открытие беспроводного телеграфного сообщения от Котка до Гогланда на расстоянии 43 верст есть крупнейшая научная победа».

Достигнутые успехи способствовали официальному признанию радио. Вскоре последовал приказ Морского министерства «О введении беспроводного телеграфа на боевых судах как основного средства связи».

Первые радиостанции были изготовлены по чертежам А. С. Попова, а к концу 1900 г. в Кронштадте были организованы радиотелеграфные мастерские по изготовлению военных радиостанций.

В начале 1900 г. были проведены мероприятия по оснащению радиостанциями кораблей русского военно-морского флота. В 1901 г. А. С. Попов добился установки радиостанций на кораблях Черноморской эскадры и летом того же года провел там серию опытов по исследованию условий радиосвязи. Опыты оказались успешными, были достигнуты дальности радиосвязи до 150 км.

Таким образом, радио родилось как средство беспроводной связи, вызванное прежде всего потребностями вооруженных сил. Это новое средство связи свое первое применение

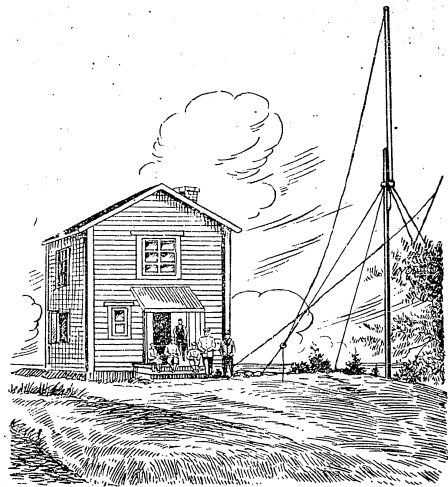


Рис. 1. Радиостанция А. С. Попова в Котке, 1900 г.

нашло в русском военно-морском флоте, что отнюдь не случайно: на море оно и в настоящее время служит единственно возможным видом связи на больших расстояниях.

Отсталая промышленность царской России не могла производить радиоаппаратуру в достаточном количестве. Необходимые для вооружения кораблей радиостанции закупались за границей. Радиостанциями иностранных фирм были оснащены и корабли русской эскадры, участвовавшей в известном Цусимском морском сражении. Радиосвязь в этом сражении почти не использовалась русскими из-за недооценки ее роли командованием, что послужило одной из причин неслаженного действия кораблей. Радисты русских кораблей перед входом в Цусимский пролив прослушивали работу японских корабельных радиостанций и могли бы своими передатчиками помешать ей, но командующий флотом адмирал Рожественский не разрешил этого сделать.

Цусимское морское сражение, с одной стороны, указало на острую необходимость радиосвязи для управления боевыми действиями на море, а с другой стороны, проиллюстрировало непонимание командованием роли радио и неумение пользоваться им.

Внедрение радио в сухопутных войсках русской армии. Инициатором применения радиосвязи в сухопутных войсках, как и на флоте, был А. С. Попов. Он создал первые в мире походные армейские радиостанции и в течение лета 1900 г. испытал их в полевых условиях на маневрах 148-го гвардейского Каспийского полка. Испытания дали хорошие результаты.

Первые военные подвижные полевые радиостанции были сравнительно громоздкими. Например, для перевозки радиостанции, имевшей дальность действия 20 км, требовалось шесть двуколок.

В 1905 г. в русской армии появились первые радиочасти: были сформированы две радиотелеграфные роты, в каждой из которых насчитывалось по восьми радиостанций. Каждая радиостанция размещалась на девяти двуколках. Мощность передатчиков составляла от нескольких ватт до 500 ватт, дальность радиосвязи достигала 30 км. Радиостанции работали в диапазоне средних волн (250—1000 м).

Русско-японская война была первой школой боевого применения радиосвязи. Она показала широкие возможности этого нового вида связи для управления боевыми действиями на море и на суше. Однако царское правительство не приняло необходимых мер по развитию техники радиосвязи и ее внедрению в вооруженные силы.

Первая мировая война началась при недостаточной оснащенности армий воюющих государств радиосредствами. Так, русская армия имела всего семь полевых радиотелеграфных рот и несколько радиочастей, находившихся в крепостях.

Каждый штаб армии имел лишь восемь радиостанций для связи со штабами корпусов. Радиосвязи от штаба корпуса и ниже не было. Командиры не были обучены пользованию радиосвязью, не знали ее свойств и возможностей.

В германской армии к началу войны имелось не более 40 полевых радиостанций, а в английской — еще меньше. Значение радиосвязи недооценивалось.

Однако первый же период войны, оказавшейся более маневренной, чем предыдущая, решительно изменил отношение военачальников к радиосвязи.

В русской армии в 1915 г. был проведен ряд мероприятий по упорядочению организации службы радиосвязи. Радиосвязь стали организовывать до штаба дивизии.

В литературе по истории первой мировой войны описывается большое число примеров, когда умелое использование радиосвязи позволяло наладить четкое управление войсками и способствовало успеху боевых операций и сражений. И, наоборот, отсутствие средств радиосвязи или неумелое их использование приводило к поражениям из-за нечеткости в управлении.

В ходе войны росло количество радиосредств в армии, повышалось их качество и увеличивалась дальность действия. К концу войны в русской армии имелись отечественные радиостанции, обладавшие дальностью действия до 250—400 км. Мощность их составляла около 2 киловатт, перевозились они на пяти двуколках или в двух автомобилях. Появились кавалерийские радиостанции, перевозимые в одной двуколке. Они имели мощность 750 ватт и дальность действия до 50—60 км. Поступали в армию и раневые радиостанции с мощностью передатчиков в несколько ватт.

Потребовалась радиосвязь и в возникавших тогда военно-воздушных силах. На самолетах устанавливались передатчики, предназначенные для передачи сигналов с борта самолета на землю. Радиосвязи между самолетами не было.

На отдельных участках фронта с труднопроходимой местностью связь в войсках осуществлялась только по радио.

В первую мировую войну возникла радиоразведка — перехват (подслушивание) радиопередач противника — и пеленгация, т. е. определение мест расположения работающих радиостанций противника с помощью специальных радиоприемников.

Первая мировая война в еще более широком масштабе, чем русско-японская, продемонстрировала огромное значение радиосвязи для управления боевыми действиями войск.

Развитие радио в Советских Вооруженных Силах. Радио сыграло большую роль в защите завоеваний Октября и разгроме иностранной интервенции.

В годы гражданской войны и иностранной интервенции по указанию В. И. Ленина радиостанциями были снабжены в первую очередь соединения и части Первой конной армии, что способствовало выполнению боевых задач по разгрому врагов нашей Родины.

В эти годы были заложены основы создания стройной системы радиосвязи в Красной Армии: организованы соответствующие управления, налажена подготовка радиоспециалистов, образованы специальные конструкторские бюро и научно-исследовательский институт для разработки новой военной аппаратуры радиосвязи, открыта электротехническая школа для подготовки кадров радиоинженеров.

Сразу после окончания гражданской войны начала создаваться советская радиопромышленность, которая приступила к выпуску новой радиоаппаратуры взамен устаревших искровых радиостанций. К концу 20-х годов эти радиостанции были сняты с вооружения и заменены ламповыми, имеющими меньший вес и габариты и лучшие тактико-технические данные.

Количество радиостанций в войсках росло. К 1929 г. радиостанциями были снабжены штабы не только объединений, но и соединений и частей. В начале 30-х годов появились специальные самолетные и танковые радиостанции. Началось освоение коротких радиоволн, увеличилось число рабочих частот в передатчиках и приемниках.

С середины 30-х годов в войска стали поступать малогабаритные переносные радиостанции для связи полк—батальон, а с 1937 г. началось освоение ультракоротковолновых радиостанций для стрелковых и артиллерийских частей и подразделений.

К 1938—1939 гг., т. е. к периоду боев на Хасане и на Халхин-Голе, наши Вооруженные Силы располагали большим количеством высококачественных по тому времени радиосредств различного назначения. Основными типами радиостанций того периода были 6ПК — переносная полковой сети (рис. 2), 5АК — автомобильная дивизионной сети (рис. 3), 71ТК — танковая, 11АК — автомобильная аэродоимная. Имелись и другие, более мощные радиостанции с дальностью действия до 7—8 тысяч километров. Все эти радиостанции могли работать как в телефонном, так и в телеграфном режимах на коротких волнах.

Основным направлением работ в то время было повышение стабильности частоты радиостанций, увеличение числа рабочих частот и освоение более коротких волн, обеспечивающих создание маловесомой и малогабаритной аппаратуры. Вскоре была сконструирована и принята на вооружение ультракоротковолновая радиостанция с диапазоном волн 7,42—9,05 м, использовавшаяся для радиотелефонной связи в звеньях до командира роты включительно.

12

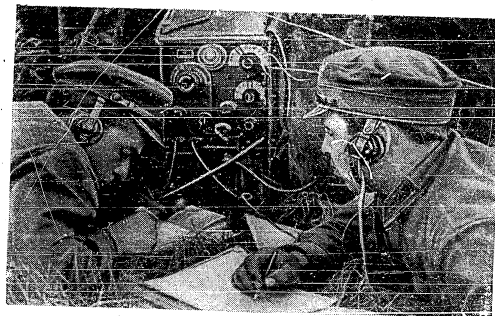


Рис. 2. Радисты за работой на коротковолновой радиостанции 6ПК

К началу Великой Отечественной войны войска Красной Армии получили еще более совершенные радиосредства связи. Взамен старых станций 6ПК, 5АК, 11АК и т. д. промышленность выпускала радиостанции РБ, РСБ, РАФ и другие.

По своим тактико-техническим характеристикам они не уступали лучшим образцам аналогичных радиостанций армий капиталистических стран. Быстро возрастало количество радиостанций. Однако потребность нашей армии в радиосредствах в этот период еще не удовлетворялась.

Еще более быстрыми темпами совершенствовались средства радиосвязи и росло их количество в войсках в годы Великой Отечественной войны, которая показала, что без примене-

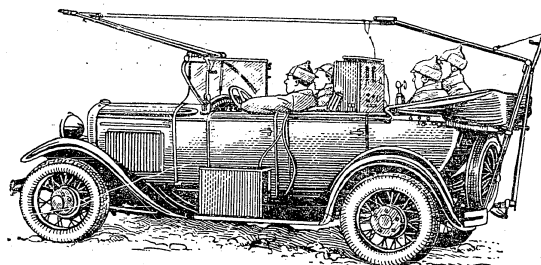


Рис. 3. Автомобильная коротковолновая радиостанция 5АК

13

ния радио в современной войне обойтись совершенно невозможно.

Большая Отечественная война, развернувшаяся на многочисленных фронтах от Баренцева до Черного моря и от Волги до Эльбы, показала, что устойчивая и непрерывная связь в сложной боевой обстановке, управление боевыми действиями наземных войск, авиации и морских сил возможны только по радио. Только по радио можно наладить надежное взаимодействие различных видов вооруженных сил и родов войск, обладающих различными боевыми свойствами, различной подвижностью и действующих на обширных пространствах в самых разнообразных условиях.

С возрастанием роли радиосвязи увеличивалась и насыщенность войск радиосредствами. Так, если к концу первой мировой войны на участке одного фронта размещалось около 50 различных радиостанций, то в 1944 г. только в операциях по освобождению территории Белорусской ССР участвовало около 27 тысяч радиостанций разных типов. И, конечно, к настоящему времени количество радиостанций, находящихся на вооружении войск различных армий, сильно возросло по сравнению с их количеством в период второй мировой войны.

Только внимательное изучение принципов действия радиоаппаратуры, ее устройства и тактико-технических данных позволит офицерам умело использовать имеющиеся на вооружении радиосредства для четкого управления войсками.

ГЛАВА II

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О РАДИОСВЯЗИ И КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ РАДИОТЕХНИКИ

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О РАДИОСВЯЗИ

С изобретением радио человечество получило радиосвязь — самый совершенный вид связи между различными пунктами при помощи радиоволн [57].

При проводной связи передача человеческой речи (телефонная передача) или посыла отдельных импульсов электрического тока (телеграфная передача) осуществляется по проводам, проложенным между пунктами. При радиосвязи никаких проводов нет, а есть радиоволны, несущие электрическую энергию. На сущности и свойствах радиоволн, относящихся к электромагнитным волнам, мы остановимся ниже. Здесь же отметим лишь следующее.

Замечательным свойством электромагнитных волн, или, точнее, радиоволн, является их способность распространяться на какие угодно большие расстояния с большой скоростью. Следовательно, на такие расстояния возможны передача и прием радиосигналов, переносимых радиоволнами.

Человек лишен возможности непосредственно воспринимать радиоволны подобно тому, как он воспринимает звуки или свет. Мы слышим речь собеседника потому, что при разговоре он создает звуковые волны, действующие на органы слуха. Мы видим окружающие нас предметы потому, что на органы зрения действуют световые волны. Но мы не можем воспринимать непосредственно радиоволны, так как не обладаем «электромагнитным чувством». Поэтому для приема и передачи радиосигналов в радиосвязи необходима специальная радиоаппаратура — радиостанция.

Таким образом, для двухсторонней радиосвязи (рис. 4) между двумя пунктами на каждом из них должна находиться радиостанция, состоящая из передающего и приемного устройств. Под передающим устройством следует понимать

передатчик и передающую антенну, под приемным устройством — приемник и приемную антенну.

В радиостанциях малой мощности передатчик и приемник устанавливаются вместе. Имеется одна общая антенна, которая при передаче подключается к передатчику, а при приеме — к приемнику.

Рассмотрим в общих чертах назначение передатчика, антенны и приемника.

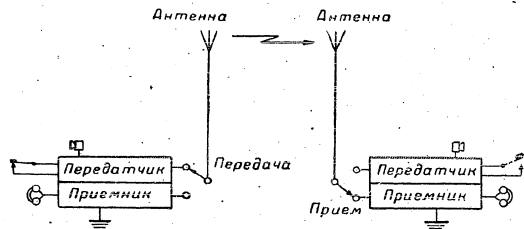


Рис. 4. Принципиальная схема линии радиосвязи

Передатчик предназначен для создания, или, как принято говорить, для генерирования, переменных токов высокой частоты.

Антенна служит для излучения радиоволн в пространство при передаче или для улавливания энергии радиоволн из пространства при приеме.

Приемник служит для усиления и преобразования энергии принятой радиоволны.

Кроме того, обязательной принадлежностью радиостанции являются источники питания электрической энергией.

В передатчиках предусмотрено управление колебаниями токов высокой частоты при передаче как телеграфной азбуки (радиотелеграфная передача), так и речи (радиотелефонная передача).

Для радиотелеграфной передачи используется телеграфный ключ. При нажатии ключа происходит излучение электромагнитных колебаний антенной. При отжатии ключа электромагнитные колебания не излучаются (рис. 5).

Процесс управления колебаниями высокой частоты передатчика при помощи телеграфного ключа называется телеграфной манипуляцией.

В телеграфной азбуке каждая буква алфавита обозначается точками, тире или их комбинацией. Передача текста радиogramмы сводится к передаче серии сигналов.

Для передачи речи используется микрофон. При этом переменный ток высокой частоты поступает в антенну непрерывно, но величина тока или его частота изменяется под действием звуковых колебаний на микрофон.

Процесс изменения величины тока или его частоты называется модуляцией.

Итак, передатчик вырабатывает токи высокой частоты для питания антенны. При помощи антенны в окружающем пространстве образуются радиоволны, распространяющиеся со скоростью света (300 000 километров в секунду). На пути своего распространения радиоволны пересекают приемную антенну и наводят в ней электродвижущую силу (э. д. с.). Эта

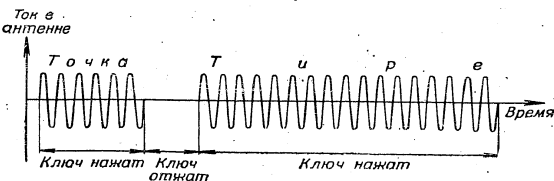


Рис. 5. Сигналы при телеграфной работе

э. д. с. создает в приемнике ток, изменяющийся по тому же закону, что и ток в антенне передатчика.

Так как одновременно работает много передающих радиостанций и радиоволны каждой из них наводят в приемной антенне э. д. с., то первое назначение приемника состоит в том, чтобы выделить сигналы интересующей нас станции.

Но выделенная э. д. с. имеет очень небольшую величину, измеряемую миллионными долями вольта. Практически использовать такую э. д. с. нельзя, следовательно, приемник должен усилить принятые сигналы. В этом состоит его второе назначение.

Принятый и усиленный сигнал высокой частоты не может вызвать звука в телефоне. Мембрана не может совершать сотни тысяч и миллионы колебаний в секунду. Если бы даже она стала колебаться с такой частотой, мы все-таки ничего не услышали бы. Большинство людей перестает слышать звук¹, частота которого выше 16 000 герц (периодов в секунду). Поэтому принятые и усиленные колебания высокой частоты необходимо преобразовать в колебания низкой частоты.

¹ Как звук мы воспринимаем колебания с частотами приблизительно от 16 до 16 000 герц. Частоты ниже 16 герц называются инфразвуковыми («инфра» в переводе с латинского языка означает «под»), а частоты выше 16—20 килогерц — ультразвуковыми («супра» в переводе с латинского языка означает «сверх»).

Третье назначение приемника и заключается в выделении колебаний звуковой частоты из модулированных колебаний высокой частоты, т. е. в детектировании принятых сигналов. Выделенные токи звуковой частоты после дополнительного усиления поступают в телефон, вызывая в нем колебания мембраны, которые и воспринимаются нами как звук.

ЭЛЕМЕНТЫ РАДИОСТАНЦИИ

Чтобы уяснить принцип работы радиостанции, следует остановиться на назначении и работе основных ее элементов.

Колебательный контур. Как уже отмечалось, для получения радиоволн в пространстве передающую антенну необходимо питать переменным током высокой частоты. Для получения такого тока используется колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора.

Непосредственно наблюдать электрические колебания нельзя. Поэтому мы рассмотрим их в сравнении с простейшим видом механических колебаний, например колебаниями маятника — грузика, подвешенного на нитке.

Достаточно отвести грузик в сторону и отпустить его, как он начинает совершать ритмичное движение из стороны в сторону. Такое движение называется свободным колебательным движением.

Время, в течение которого грузик совершает одно полное колебание, называется периодом свободных колебаний.

Наибольшее отклонение грузика от положения равновесия называется амплитудой колебаний.

Чтобы колебания маятника не затухали, его необходимо каждый период слегка подталкивать. Такое «подталкивание» маятника часов осуществляет либо заведенная пружина, либо гиря при своем опускании под действием силы тяжести. В этом случае колебания маятника в отличие от свободных называются вынужденными. Маятник находится под непрерывным воздействием внешней силы.

Явление, когда под воздействием слабых внешних колебаний возникают колебания большой амплитуды, называется резонансом (от латинского слова «резонаре», что означает «повторять», «отзывать»).

Явление резонанса в жизни встречается довольно часто. Проследите за движениями детей, качающихся на качелях. Дети небольшими толчками в такт со свободными колебаниями качелей добиваются большего размаха колебаний и затем более слабыми толчками поддерживают эти колебания. Если толчки делать не в такт со свободными колебаниями качелей, то раскачать качели не удастся, потому что одни толчки будут ускорять движение качелей, а другие — тормозить его.

Другими словами, резонансом называется совпадение ча-

стоты внешней силы с частотой свободных колебаний системы. Частоту таких колебаний называют резонансной частотой.

Колебательный контур — это своеобразный «электрический маятник». Если в простейшем маятнике происходят колебания грузика, то в контуре — колебания свободных электронов. Движение маятника совершается медленно, а движение электронов — очень быстро.

Чтобы вызвать колебания маятника, его необходимо отвести в сторону или дать толчок. Своеобразный «толчок» требуется и колебательному контуру: к нему необходимо подвести некоторую энергию, чтобы электроны начали колебательное движение.

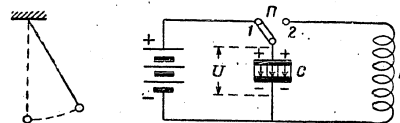


Рис. 6. Заряд конденсатора контура от источника постоянного тока

На рис. 6 показан заряд конденсатора контура от источника постоянного тока.

Когда конденсатор зарядится, энергия будет сосредоточена в электрическом поле, образовавшемся между пластинами. Между обкладками конденсатора появится напряжение U , равное э. д. с. источника тока.

Соединив заряженный конденсатор с катушкой индуктивности L , конденсатор начнет разряжаться через катушку, но мгновенного разряда не произойдет, так как этому будет препятствовать возникающая э. д. с. самоиндукции. Разрядный ток, проходящий через катушку, будет постепенно возрастать, а напряжение на обкладках конденсатора — уменьшаться. Ток в цепи достигнет наибольшей величины в тот момент, когда напряжение на конденсаторе упадет до нуля, т. е. конденсатор полностью разрядится. Энергия, которая была сосредоточена в электрическом поле конденсатора при его заряде от источника постоянного тока, теперь перешла в катушку и сосредоточилась в ее магнитном поле (рис. 7, а).

Когда напряжение на конденсаторе упало до нуля, казалось бы, ток в цепи должен прекратиться. Но подобно отведенному в сторону маятнику, который, дойдя до положения равновесия, продолжает свое движение по инерции, электроны также не могут мгновенно остановиться. Они продолжают свое движение, но скорость их уменьшается, т. е. уменьшается

величина тока, а следовательно, и магнитный поток катушки. Изменение магнитного потока приводит к возникновению в катушке э. д. с. самоиндукции, которая по правилу Ленца препятствует уменьшению тока. За счет появившейся э. д. с. самоиндукции катушки происходит перезаряд конденсатора: на нижней его обкладке начинают накапливаться положительные заряды. Ток в цепи уменьшается, а напряжение на обкладках

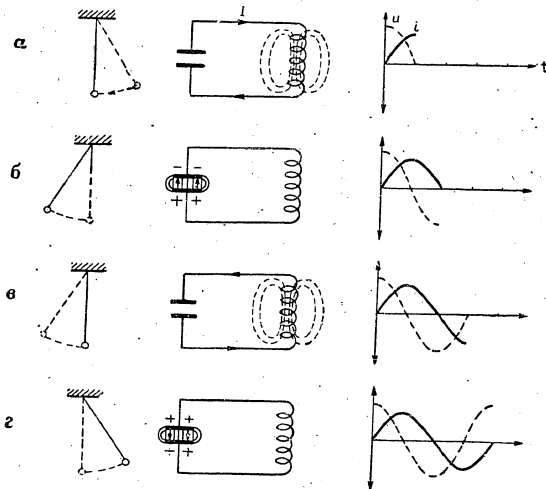


Рис. 7. Колебательный процесс в замкнутом контуре

конденсатора увеличивается. Этот процесс происходит до тех пор, пока полностью не исчезает магнитное поле катушки. При этом ток становится равным нулю, а напряжение на конденсаторе достигает примерно прежней величины, но на нижней обкладке теперь «плюс», а на верхней — «минус». Энергия снова сосредоточивается в электрическом поле конденсатора (рис. 7, б).

Появившееся на обкладках конденсатора в результате перезаряда напряжение снова вызывает разрядный ток, поскольку цепь остается замкнутой. Процесс перезаряда конденсатора повторяется (рис. 7, в и г). На этом заканчивается полный цикл одного электрического колебания, т. е. полный цикл изменений напряжения и тока в контуре.

20

Далее процесс колебаний тока и напряжения будет повторяться.

Переходом кинетической энергии (энергии движения) в потенциальную (энергию покоя) и обратно объясняются колебания в механических системах. Переходом энергии магнитного поля, связанной с наличием тока в проводах (кинетическая энергия), в энергию электрического поля, связанную с накоплением зарядов (потенциальная энергия), объясняются колебания в электрических цепях.

В контуре получается переменный ток высокой частоты. Но практически использовать этот ток нельзя, потому что из-за потерь энергии в контуре колебания быстро затухают.

Свободные электрические колебания в контуре, подобно свободным механическим колебаниям маятника; затухающие. Они существуют в контуре небольшие доли секунды. С каждым периодом колебаний амплитуда тока уменьшается, и, наконец, ток прекращается. Это объясняется тем, что электрическая энергия, сообщенная первоначально конденсатору при заряде, расходуется на нагревание соединительных проводов и самой катушки контура, т. е. на преодоление сопротивления. Кроме того, энергия расходуется на излучение электромагнитных волн.

Период свободных колебаний в контуре зависит от скорости разряда и заряда конденсатора. Быстрому разряду и заряду конденсатора препятствует индуктивность катушки. Чем больше индуктивность, тем больше э. д. с. самоиндукции, а значит, тем медленнее конденсатор будет разряжаться и заряжаться. Таким образом, чем больше индуктивность контура, тем больше период свободных (собственных) колебаний.

Возрастание периода собственных колебаний происходит также при увеличении емкости конденсатора. С увеличением емкости возрастает количество электричества, которое может накопить конденсатор, и, следовательно, требуется больше времени для его разряда и заряда.

Зависимость периода собственных колебаний от индуктивности и емкости контура выражается формулой

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \quad (1)$$

где T — период собственных колебаний контура в сек;
 L — индуктивность катушки контура в генри (гн);
 C — емкость конденсатора контура в фарадах (ф);
 π — 3,14.

Путем подбора индуктивности и емкости можно получить любой период собственных колебаний тока, т. е. любую частоту переменного тока. Частота собственных колебаний контура f определяется по формуле

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

21

Для практических целей нужен переменный ток высокой частоты с постоянной амплитудой.

Чтобы получить незатухающие колебания, необходимо каждый период пополнять энергию в контуре, т. е. добавлять столько энергии, сколько ее теряется в активном сопротивлении проводов и катушки. Это значит, что контур в такт со свободными колебаниями нужно подключать к источнику тока. Но частота колебаний в контуре может составлять миллионы герц. Ясно, что никаким механическим переключателем выполнить такие быстрые подключения не удастся. Эту задачу можно решить только при помощи электронной лампы. Даже при очень высоких частотах (десятки миллионов герц) она в состоянии поддерживать в контуре незатухающие колебания.

Выше мы рассмотрели свободные электрические колебания, т. е. колебания, происходящие самостоятельно, без воздействия посторонних э. д. с. Эти колебания затухающие, и период их зависит от индуктивности катушки и емкости конденсатора.

Посмотрим, что произойдет в контуре при включении последовательно с катушкой и конденсатором источника с переменной э. д. с. Оказывается, в контуре возникнет переменный ток, частота которого будет равна частоте источника. В такт с этой частотой будет происходить заряд и разряд конденсатора, т. е. в контуре возникнут вынужденные колебания тока.

Если частота свободных колебаний равна частоте вынужденных колебаний, т. е. частоте источника, то амплитуда колебаний в контуре резко возрастает (явление резонанса) — происходит как бы усиление тока свободных колебаний током вынужденных колебаний.

При резонансе напряжение на катушке индуктивности и на конденсаторе во много раз превышает напряжение источника тока, т. е. контур усиливает напряжение.

Антенны. Всякий провод, по которому протекает переменный ток высокой частоты, излучает электромагнитные волны. Тем не менее не всякая электрическая цепь может создать в пространстве достаточно эффективное излучение.

Если в цепи имеются два провода, по которым ток протекает в противоположных направлениях, излучаемые этими проводами электрические и магнитные поля ослабляют друг друга и результирующее поле получается очень слабым.

Для образования радиоволн в пространстве нельзя использовать и обычный замкнутый контур — так называемый контур с сосредоточенными параметрами *LC*. Магнитное поле его сосредоточено вблизи витков катушки, а электрическое поле занимает еще меньшее пространство между обкладками конденсатора. Изменения величины и направления магнитного и электрического полей создают вблизи контура очень слабую радиоволну, которая не способна распространяться на большие расстояния. Чтобы контур мог хорошо излучать, его

нужно «раскрыть» — расширить пространство, занимаемое магнитным и электрическим полями. Эта задача решается при помощи антенны, представляющей собой открытый колебательный контур.

Переход от контура, имеющего сосредоточенные емкость и индуктивность, к открытому контуру — антенне

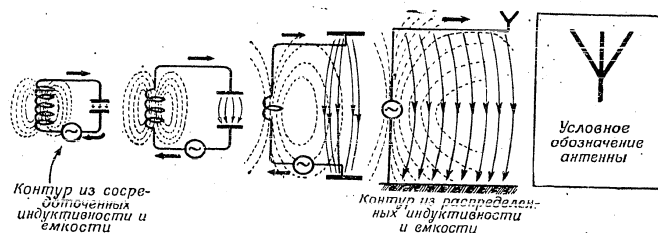


Рис. 8. Переход от контура, имеющего сосредоточенные емкость и индуктивность, к открытому контуру — антенне

Качество антенны как излучателя тем выше, чем ближе ее длина к четверти или половине длины волны контура. Антенна начинает заметно излучать, если ее длина превышает десятую часть длины волны.

Кроме свойства излучать электромагнитные волны, антенна обладает свойством улавливать (извлекать) энергию из про-

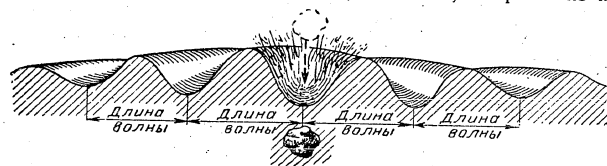


Рис. 9. Образование волн на поверхности воды

странства. Приходящая из пространства электромагнитная волна индуктирует токи высокой частоты в антенне. Антенны обладают также свойством обратности: хорошо излучающая антенна хорошо улавливает волны из пространства.

Образование и распространение радиоволн в некоторой степени аналогично образованию и распространению волн на поверхности воды (рис. 9).

Камень, брошенный в воду, вызывает образование двух видов волн — звуковой (слышен всплеск), распространения

которой мы не видим, и волны на поверхности воды, за распространением которой можно проследить.

Волны воды расходятся от места падения камня в виде концентрических окружностей, которые, расширяясь, охватывают все большую поверхность воды.

Бросим в воду спичку. Мы заметим, что она не будет увлечена проходящей волной, а останется на месте, совершая колебания вверх и вниз. Отсюда ясно, что вода не передвигается вместе с волной. Камень нарушил покой одних частиц воды и заставил их совершать колебательные движения вверх и вниз. Это движение передалось соседним частицам, которые начали совершать такие же колебания, но с некоторым опозданием. Постепенно в колебательное движение втягивалась все большая масса воды, и в результате на поверхности воды образовалась волна, представляющая собой распространение вертикальных колебаний частиц воды. Расстояние между двумя соседними гребнями или впадинами называется длиной волны.

Подобно волнам на поверхности воды или звуковым волнам радиоволны, возникая около антенны, распространяются с определенной скоростью в пространстве.

При прохождении тока по проводу вокруг него образуется магнитное поле, а так как между отдельными участками провода существует определенная разность потенциалов, то возникает и электрическое поле.

Между электрическим и магнитным полями существует неразрывная связь. Электрическое поле вызывает движение электронов, т. е. электрический ток. Ток в свою очередь вызывает появление магнитного поля вокруг того или иного проводника. Следовательно, электрическое поле создает магнитное и, наоборот, магнитное поле (если оно переменное) создает электрическое и вызывает появление электрического тока. Поэтому принято говорить об электромагнитном поле, под которым следует понимать совокупность непрерывно изменяющихся электрического и магнитного полей.

Радиоволны представляют собой переменное электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве со скоростью света. Именно оно и переносит энергию сигнала от точки излучения волны до точки приема сигнала.

Если волна воды представляет собой колебания частичек воды, а звуковая волна — колебания частичек воздуха, то радиоволна представляет собой колебания самого электромагнитного поля. Поэтому она распространяется не только в воздухе, но и в безвоздушном пространстве.

Заметим, что условия излучения радиоволн тем лучше, чем выше частота тока, создавшего эти радиоволны. Поэтому антенны передатчиков радиостанций необходимо питать токами высокой частоты.

Каждую секунду антенна излучает в пространство огромное количество радиоволн, равное частоте тока в антенне. Расстояние, на которое распространяется радиоволна за время одного колебания тока в антенне, называется длиной волны. Определяется она следующим образом. Допустим, что частота тока в антенне равна 3 Мгц , тогда за 1 сек в пространстве будет создано $3\,000\,000$ радиоволн. «Первая» волна за 1 сек пройдет путь $300\,000 \text{ км}$, а все остальные — меньшие расстояния. Таким образом, на расстоянии $300\,000 \text{ км}$ уложится в данном случае $3\,000\,000$ радиоволн. Отсюда длина волны (она обозначается греческой буквой λ — «лямбда»)

$$\lambda = \frac{300\,000}{3\,000\,000} = 0,1 \text{ км} = 100 \text{ м.}$$

Если частота тока в антенне равна 1 Мгц , то за 1 сек создается $1\,000\,000$ волн. В этом случае

$$\lambda = \frac{300\,000}{1\,000\,000} = 0,3 \text{ км} = 300 \text{ м.}$$

Так как скорость распространения электромагнитной энергии радиоволн постоянна и равна $300\,000\,000 \text{ м/сек}$, то длина волны

$$\lambda = cT, \quad (2)$$

где λ — длина волны в м;
 c — скорость света, равная $300\,000\,000 \text{ м/сек}$;
 T — период колебаний в сек.

$$T = \frac{1}{f},$$

а значит,

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

где f — частота колебаний в гц .

Чем больше частота тока в антенне, тем меньше длина излучаемых радиоволн.

В зависимости от длины волны меняются свойства распространения радиоволн. Поэтому все радиоволны условно делят на диапазоны. Внутри каждого диапазона свойства распространения радиоволн примерно одинаковы. На прилегающих участках отдельных диапазонов различия в условиях распространения нет, поэтому, например, говоря о коротковолновой радиосвязи, часто имеют в виду и часть частот, входящих в диапазон средних волн.

В настоящее время принято следующее деление радиоволн на диапазоны.

Деление радиоволн на диапазоны

Волна	Частота	Наименование диапазона
10 000 м и более	30 кГц и менее	Сверхдлинные волны
10 000—1000 м	30—300 кГц	
1000—100 м	300—3000 кГц	Длинные волны
100—10 м	3—30 МГц	
10 м—1 мм	30—300 000 МГц	Средние волны
10—1 м	30—300 МГц	
100—10 см	300—3000 МГц	Короткие волны
10—1 см	3000—30 000 МГц	
10—1 мм	30 000—300 000 МГц	Ультракороткие волны
		Метровые волны
		Дециметровые волны
		Сантиметровые волны
		Миллиметровые волны

РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Электронные лампы являются важнейшими приборами, обязательно входящими в конструкцию любой радиоаппаратуры и, в частности, в конструкции радиопередатчиков. Поэтому, прежде чем рассматривать устройство и работу радиопередатчиков, кратко остановимся на электронных лампах (их часто называют просто лампами).

При помощи ламп решаются сложные и разнообразные радиотехнические задачи: преобразование постоянного тока в переменный ток высокой частоты, преобразование переменного тока в постоянный, усиление слабых колебаний, модуляция (управление колебаниями высокой частоты), детектирование (выделение сигнала, действующего при модуляции на высокочастотное колебание), преобразование одних частот в другие.

Простейшая электронная лампа имеет два электрода — катод и анод, поэтому она называется двухэлектродной лампой или диодом.

Работа электронной лампы основана на том, что накаленная нить испускает отрицательно заряженные частицы — электроны, которые притягиваются анодом, если на него подается положительное напряжение. Благодаря этому диод может пропускать электрический ток только в одном направлении, или, как говорят, имеет одностороннюю проводимость. Благодаря этому свойству диод широко используется для выпрямления переменного тока.

В радиоприемниках диод применяется для детектирования (выпрямления переменного тока высокой частоты).

Трехэлектродная лампа, или триод, отличается от диода наличием третьего электрода в виде сетки, расположенной

между анодом и катодом на пути движения электронов. Эту сетку назвали управляющей, так как с ее помощью можно управлять потоком электронов в цепи анода, меняя приложенное к ней напряжение. При этом сетка может управлять значительным анодным током при небольших напряжениях на ней, почти не потребляя тока. На этом и основаны усиленные свойства триода. Использование триода для усиления электрических колебаний способствовало значительному расширению радиуса действия радиостанций.

Вскоре было открыто новое свойство трехэлектродной лампы. Выяснилось, что при помощи триода можно получить незатухающие электрические колебания высокой частоты. Это открытие вызвало переворот в радиотехнике. Появились ламповые передатчики, получившие в настоящее время исключительное распространение.

Наряду с отмеченными достоинствами триоды имеют два больших недостатка. Во-первых, сравнительно небольшое усиление, так как управляющая сетка лишь незначительно экранирует катод от влияния анода. Делать же триоды с очень густой сеткой нельзя, потому что она будет препятствовать движению электронов к аноду, вследствие чего анодный ток будет очень мал, а сеточный — очень велик. Во-вторых, между анодом и сеткой образуется сравнительно большая емкость, оказывающая вредное влияние на работу лампы в диапазоне высоких частот.

Оба эти недостатка триода устраняются при введении еще одной сетки — экранирующей — между анодом и управляющей сеткой. Лампы с четырьмя электродами называются четырехэлектродными или тетродами.

Недостатки, присущие триоду, устранены в тетроде, но в нем появляется свой недостаток: возникает сеточный (динаatronный) эффект (вторичная эмиссия). Для устранения его между анодом и экранирующей сеткой была введена еще одна сетка — защитная, или противодинаatronная. Получилась пятиэлектродная лампа, или пентод.

Большое распространение получили так называемые комбинированные лампы. В баллоне комбинированной лампы смонтированы две или три обычные лампы, поэтому она может выполнять несколько различных задач, что позволяет уменьшить габариты радиостанций.

Теперь рассмотрим непосредственно радиопередатчик.

Радиопередатчиком называется устройство, предназначенное для создания электрических колебаний высокой частоты и излучения в пространство этих колебаний в виде радиоволн.

В состав передатчика обычно входят: генератор высокочастотных колебаний, усилитель мощности, устройство для управления генерируемыми колебаниями, антенное устройство и источники питания.

На рис. 10 приведена блок-схема двухкаскадного передатчика.

Первым каскадом служит генератор высокочастотных колебаний — задающий генератор (слово «генератор» происходит от латинского слова «генераре», что означает «производить», «возбуждать»). Задающим он называется потому, что в нем вырабатываются колебания требуемой высокой частоты, которые как бы задаются последующему каскаду.

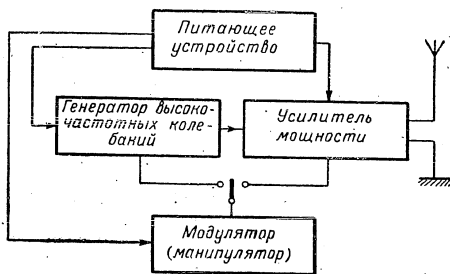


Рис. 10. Блок-схема двухкаскадного передатчика

Вторым каскадом является усилитель мощности, который усиливает мощность колебаний, вырабатываемых первым каскадом, и передает их в антенну.

Для управления генерируемыми колебаниями при телефонной работе применяется модулятор, в состав которого входит микрофон. Под воздействием звука микрофон управляет колебаниями передатчика, изменяя их амплитуду или частоту, но не прерывая колебаний. При телеграфной работе управление колебаниями осуществляется манипуляцией ключом. Переменный ток высокой частоты возникает в антенне при нажатии ключа и прекращается при его отпускании.

Антенное устройство служит для излучения электромагнитной энергии в пространство.

Источники питания снабжают энергией постоянного тока анодные и накальные цепи ламп радиопередатчика.

Рассмотрим процесс создания незатухающих колебаний высокой частоты в колебательном контуре генератора передатчика.

В современных радиопередатчиках для получения высокочастотных колебаний используются ламповые генераторы, преобразующие постоянный ток в переменный ток высокой частоты.

В состав лампового генератора (рис. 11) входят следующие основные элементы:

- электронная лампа L ;
- колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности L_k и конденсатора C_k ;
- катушка обратной связи $L_{св}$;
- источники питания B_a (анодная батарея) и B_n (батарея накала).

В момент включения источника анодного напряжения (при условии, что источник напряжения накала уже включен) в аноде, а следовательно, и в обмотке катушки контура возникает ток. В контуре благодаря электрическому толчку возникают колебания. Пусть эти колебания очень слабы, но вокруг контурной катушки L_k образуется магнитное поле, воздействующее на катушку индуктивности $L_{св}$, подключенную к управляющей сетке. На сетке появляется переменное напряжение, которое усиливается лампой. Усиленная колебательная энергия выделяется в контуре. К той энергии, которая первоначально возникла в контуре в момент включения, лампа добавляет энергию, полученную от источника питания. Тогда через контурную катушку L_k пойдет увеличенный переменный ток, магнитное поле вокруг катушки усилится, и благодаря этому усилится воздействие этого поля на катушку $L_{св}$, включенную в цепь сетки лампы. Это приведет к увеличению напряжения на сетке и соответственно к увеличению энергии, которую лампа добавляет к контуру.

Возникшие в контуре колебания через катушку $L_{св}$ действуют на сетку лампы, а лампа в свою очередь — на контур, пополняя его энергию от батареи. За каждый период колебаний потери в контуре компенсируются, и в нем устанавливаются незатухающие колебания, частота которых зависит от индуктивности катушки L_k и емкости конденсатора C_k . Необходимым условием получения незатухающих колебаний в ламповом генераторе является правильное включение концов катушки обратной связи. Необходимо, чтобы пополнение энергии контура лампой происходило в такт с собственными колебаниями, возникшими в контуре.

Итак, мы получили переменный ток высокой частоты (высокочастотные колебания) при помощи лампового генератора. Теперь достаточно подвести этот ток к антенне, чтобы получить радиоволну в пространстве.

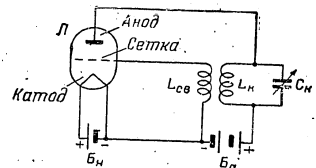


Рис. 11. Схема лампового генератора

Однако задающий генератор должен иметь небольшую отдаваемую мощность, так как только при этом условии можно получить достаточно высокую стабильность частоты передатчика. Поэтому колебания задающего генератора приходится усиливать, перед тем как подводить их к антенне; для этой цели используют специальный ламповый генератор с посторонним возбуждением, называемый усилителем мощности.

В зависимости от назначения передатчика можно применить несколько каскадов (ступеней) усиления, где под каскадом подразумевают лампу с колебательным контуром.

Для повышения стабильности частоты задающий генератор проектируют иногда на более низкие частоты, чем те, на которых работает передатчик. В этом случае вводят дополнительный каскад для умножения частоты.

Умножитель — это каскад с резонансными контурами в сеточной и анодной цепях лампы. Он отличается от обычного усилителя высокой частоты тем, что его анодный контур настроен на частоту, в два — три раза более высокую, чем сеточный контур. Если на вход такого каскада подать колебания с частотой, на которую настроен сеточный контур, то в анодном контуре будут выделены колебания умноженной частоты.

Ламповый генератор можно поставить в такой режим, когда анодный ток проходит в виде периодически повторяющихся импульсов сложной формы. Любое же сложное периодическое колебание можно разложить на ряд простых синусоидальных колебаний, или гармоник, имеющих разную частоту и амплитуду.

Частоты гармоник всегда в целое число раз больше частоты сложного колебания. Если частота сложного колебания равна, например, 300 кГц, то частота его первой гармоники также равна 300 кГц, частота второй гармоники вдвое больше (600 кГц), третьей — втрое больше (900 кГц) и т. д. Обычно более высокие гармоники имеют меньшие амплитуды.

Если анодный контур генератора настроен на первую гармонику анодного тока, то он работает как обычный усилитель мощности. В этом случае диапазон передатчика соответствует диапазону задающего генератора. Если же анодный контур генератора настроен на вторую гармонику анодного тока, то получается удвоение частоты колебаний.

Умножение частоты наиболее широко применяется на коротких и ультракоротких волнах, где особое значение приобретает понижение частоты задающего генератора, поскольку без умножения частоты нельзя получить кварцевую стабилизацию (о чем будет сказано ниже), так как трудно создать кварцевые пластинки для стабилизации очень высокой частоты.

Умножители повышают устойчивость частоты и расширяют диапазон волн передатчика при одном и том же диапазоне задающего генератора.

Стабилизация частоты передатчика. Необходимым условием надежной радиосвязи является высокая устойчивость, или, как принято говорить, стабильность, частоты излучаемых колебаний. Чем устойчивее частота радиостанций, тем большее их число может одновременно работать в одном диапазоне без взаимных помех. Необходимо также, чтобы частота передатчика точно соответствовала заданному значению. Это ускорило вхождение в связь, так как не придется «искать» корреспондента и подстраивать приемник в процессе работы.

Одной из причин, вызывающих отклонение частоты передатчика, служит изменение окружающей температуры. При колебаниях температуры изменяются геометрические размеры катушки и конденсатора, что вызывает изменение частоты передатчика. Особенно сильно сказывается влияние температуры зимой, когда радиоаппаратуре приходится работать то в жарком помещении, то на морозе.

Практически отклонение частоты передатчика от заданного значения не должно превышать 0,0025—0,005%. Чтобы добиться этого, приходится принимать специальные меры. Для повышения устойчивости частоты широко используется кварцевая стабилизация, основанная на свойствах кристаллического кварца.

Кристаллический кварц относится к числу самых твердых минералов. На размеры кварца практически не влияют ни изменения температуры, ни химические воздействия.

Кварцевая пластинка, вырезанная определенным образом из кристалла, обладает пьезоэлектрическим свойством, т. е. способностью при сжатии или растяжении образовывать электрические заряды на своих поверхностях.

Если такую пластинку поместить между двумя металлическими обкладками, к которым подвести переменное напряжение, то она будет сжиматься и расширяться с частотой этого напряжения. На ее гранях под воздействием механических колебаний появятся переменные электрические заряды.

Кварцевая пластинка, как и любая механическая система, имеет собственную резонансную частоту, которая определяется геометрическими размерами пластинки. При совпадении частоты подведенного к обкладкам напряжения с собственной частотой кварцевой пластинки амплитуда механических колебаний ее достигает наибольшей величины. Следовательно, и величина зарядов на ее гранях получается максимальной.

Кварцевая пластинка включается в схему лампового генератора между сеткой и катодом и заменяет колебательный контур. Возникновение и поддержание колебаний в генераторе

будет обусловлено кварцем, так как в связи с малыми потерями в нем легче возбуждятся колебания и более длительное время сохраняются.

Стабилизирующее действие кварцевой пластинки эквивалентно действию махового колеса, которое, накопив большую энергию вращения, поддерживает число оборотов двигателя постоянным. Любая причина, изменяющая число оборотов двигателя, действует слабее, если двигатель имеет маховик. Точно так же любая причина, влияющая на частоту лампового генератора, действует слабее, если генератор вместо обычного колебательного контура имеет кварцевую пластинку.

Генерируемая частота определяется геометрическими размерами кварцевой пластинки (в основном ее толщиной). Один кварц стабилизирует одну волну. Для перехода на новую волну в кварцевом генераторе нужно заменить кварцевую пластинку. Для стабилизации большого количества волн требуется набор кварцевых пластин, что практически неудобно.

Имеется ряд методов и электрических схем, которые позволяют с помощью одной высокостабильной кварцевой пластинки осуществлять стабилизацию большого числа частот возбуждителя радиостанции. Этот способ называют диапазонно-кварцевой стабилизацией частоты. При такой стабилизации в возбuditеле радиостанции можно обойтись всего лишь одной кварцевой пластиной. Однако электрическая схема возбuditеля оказывается значительно более сложной, чем при сменных кварцах. Несмотря на это, диапазонно-кварцевая стабилизация в последнее время получает все более и более широкое применение.

Для стабилизации большого количества волн в плавном диапазоне частот применяется бескварцевая стабилизация. Генератор с бескварцевой стабилизацией обеспечивает плавную перестройку и выбор любой волны в пределах диапазона радиостанции, что иногда требуется, когда частота корреспондента точно неизвестна. Бескварцевая стабилизация достигается высоким качеством деталей генератора, т. е. возможно малой их зависимостью от температуры, влаги и механических влияний, жестким и прочным выполнением конструкции, облученным режимом генераторной лампы, при котором колебательные токи имеют малые величины. Каркасы катушек контуров, определяющих частоту, изготавливаются из высококачественной керамики, на которую электролитическим путем наносятся витки обмотки. Катушки и другие детали генератора помещаются в герметичные экраны для защиты от действия влаги. Для уменьшения уходов частоты под влиянием изменений внешней температуры применяются специальные термокомпенсирующие конденсаторы. Установка заданной частоты генераторов с бескварцевой стабилизацией производится по шкале с помощью визира. Точность градуировки шкалы

можно время от времени проверять с помощью опорного кварцевого генератора, имеющегося обычно в схеме радиостанции.

Преобразование частоты. Электронная лампа, кроме усиления, генерирования и выпрямления колебаний, используется также для преобразования частоты.

Преобразователь частоты является важным элементом радиоприемников и передатчиков некоторых типов. В процессе преобразования на входные электроды электронной лампы подводятся электрические колебания различных частот от двух источников. В результате сложения (смещения) двух колебаний в анодной цепи возникают электрические биения суммарной и разностной частоты, которые можно выделить колебательными контурами, настроенными на соответствующие частоты. Для преобразования частоты используются специальные лампы с пятью сетками (гептоды), хотя могут быть использованы и обычные пентоды.

Для преобразования частоты лампа должна находиться в преобразовательном режиме, т. е. на ее управляющей сетке, а также и на других электродах должны быть напряжения определенной величины.

Управление колебаниями в передатчике. Для радиосвязи по телеграфной азбуке необходимо излучать радиоволны в течение определенных промежутков времени с различными интервалами. Следовательно, передатчик надо включать и выключать в определенной последовательности. Это делается при помощи телеграфного ключа, разрывающего и замыкающего какую-либо цепь передатчика. Такое управление передатчиком называется манипуляцией.

По телеграфной азбуке каждая буква алфавита обозначается точками, тире или их комбинацией.

Чтобы передать точку, необходимо замкнуть и сейчас же разомкнуть цепь ключом. При передаче тире замыкание цепи производится на более продолжительное время. Между передачей отдельных букв дается пауза.

Манипулируя ключом на передающей станции, оператор передает радиограмму.

При радиотелефонной работе тоже приходится управлять колебаниями передатчика.

Так как звук и электрический ток по своей природе различны, то звук не может непосредственно воздействовать на электрические высокочастотные колебания в передатчике. Энергию звука нужно сначала превратить в электрическую. Это делается при помощи микрофона. Звуковые колебания, воздействующие на его мембрану, преобразуются в колебания электрического тока той же частоты.

Эти колебания тока индуктируют на вторичной обмотке микрофонного трансформатора переменную э. д. с., при помощи которой и управляют при передаче речи по радио высокока-

стотными колебаниями передатчика, изменяя их амплитуду или частоту.

Процесс управления током высокой частоты с помощью первичных сигналов низкой частоты называется модуляцией.

Амплитудная модуляция — это изменение амплитуды тока (напряжения) высокой частоты в соответствии с напряжением низкой, разговорной частоты.

Амплитудная радиотелефонная модуляция осуществляется изменением режима работы генераторной лампы путем воздействия модулирующего напряжения на один или несколько

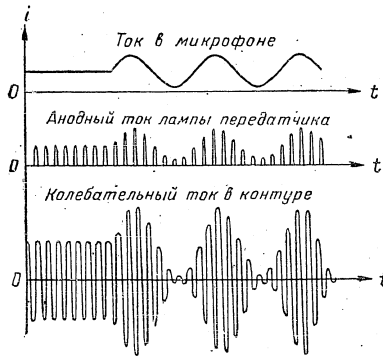


Рис. 12. Процессы в каскаде передатчика при радиотелефонной модуляции

ее электродов. Модулируется один из каскадов, включенных после задающего генератора, чаще всего выходной каскад.

Модуляция возможна лишь при наличии в генераторе колебаний высокой частоты с отсечками анодного тока. Напряжение звуковой частоты изменяет при модуляции высоту импульсов анодного тока, а значит, и амплитуду первой гармоники анодного тока, а следовательно, и амплитуду колебательного тока в контуре (в антенне). Общий процесс амплитудной модуляции представлен на рис. 12.

Колебания, получающиеся в антенне после модуляции, значительно отличаются от синусоидальных.

Мы уже отмечали, что несинусоидальные колебания можно представить как сумму отдельных синусоидальных колебаний различных частот — гармоник. Поэтому при телефонной работе передатчик излучает не одну, а несколько частот, как говорят, спектр частот.

Если высокочастотные колебания модулируются одним тоном (одной звуковой частотой F), то спектр модулированных колебаний состоит из трех частот (рис. 13, а): несущей f_0 , нижней боковой $f_1 = f_0 - F$ и верхней боковой $f_2 = f_0 + F$. В передаче же речи участвует не одна частота, а целый спектр звуковых частот. В этом случае спектр модулированных колебаний состоит из несущей частоты и двух боковых полос частот (рис. 13, б).

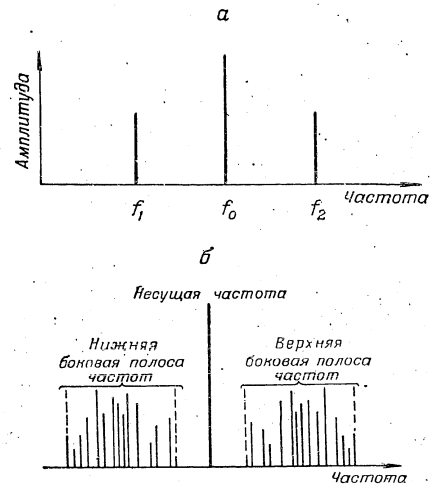


Рис. 13. Амплитудная модуляция: а — одной звуковой частотой; б — спектром звуковых частот

Для получения удовлетворительной разборчивости речи необходимо передать спектр частот от 300 до 3000 гц, что и определяет ширину каждой боковой полосы при амплитудной модуляции. При радиотелефонной работе волны одновременно работающих передатчиков должны различаться между собой не менее чем на 10 кГц (6 кГц — ширина боковых полос, 4 кГц — нестабильность частоты передатчиков и приемников).

Частотная модуляция представляет собой изменение частоты (длины волны) радиочастотного колебания в соответствии с напряжением сигнала звуковой частоты в радиотелефонии. Эффект модуляции оценивается по наибольшему отклонению частоты от среднего значения. Это отклонение

называется девиацией (качанием) частоты. При частотной модуляции в передатчиках модулируется частота задающего генератора. Спектр боковых частот при частотной модуляции значительно больше, чем при амплитудной. Поэтому ее применение при радиотелефонии выгодно лишь на ультракоротких волнах.

При частотной модуляции более эффективно используется мощность передатчика, работающего в телеграфном режиме с постоянной амплитудой. Это, а также меньшее влияние атмосферных и промышленных помех при приеме частотно-модулированных колебаний способствует увеличению дальности и устойчивости связи.

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Основные понятия. Радиоприемные устройства выполняют четыре основные функции.

Первая функция приемного устройства состоит в том, чтобы извлечь энергию радиоволны из пространства. Это осуществляется при помощи приемной антенны. Под действием электромагнитных полей, распространяющихся от передатчиков волн, в ней наводятся переменные токи соответствующих частот.

Вторая функция приемного устройства — выделение сигналов нужной станции из множества колебаний, создаваемых в антенне работающими радиостанциями. Свойство приемника выделять необходимые сигналы называется избирательностью или селективностью.

Третья функция приемника состоит в усилении принятых колебаний.

Дело в том, что радиостанция излучает волны во все стороны и к антенне принимающей станции приходит только небольшая доля общей излученной энергии. С увеличением расстояния между передающей и принимающей станциями интенсивность волны падает, и при каком-то расстоянии, зависящем от мощности передающей станции и условий распространения, прием становится невозможным. Поэтому выделенные высокочастотные колебания нужно усилить до уровня, необходимого для нормальной работы окончного прибора (телефон, телеграфный аппарат).

Для усиления колебаний применяются схемы с электронными лампами.

Четвертая функция приемника заключается в выделении колебаний низкой частоты из колебаний высокой частоты, или детектировании колебаний.

Выделенные колебания низкой частоты передаются непосредственно или после дополнительного усиления к телефону (к громкоговорителю) или к записывающей аппаратуре.

Всякий ламповый радиоприемник состоит из элементов (блоков), выполняющих различные функции. Число типов ламповых приемников велико, но все они представляют собой комбинации сравнительно небольшого числа элементов. Зная работу и назначение этих элементов, легко разобраться в устройстве и работе любого радиоприемника.

К основным показателям качества приемников относятся: диапазон волн, чувствительность, избирательность и точность воспроизведения сигналов.

По диапазонам волн приемники делятся на длинноволновые, коротковолновые и ультракоротковолновые в зависимости от того, в каком диапазоне волн они работают.

Обычно приемники имеют непрерывный диапазон частот. В этом случае их можно настроить на любую волну в пределах диапазона. Но имеются приемники, предназначенные для работы на одной или нескольких фиксированных волнах.

В приемниках с широким диапазоном волн применяется разбивка на поддиапазоны. Переход с одного поддиапазона волн на другой чаще всего осуществляется переключением катушек индуктивности, а настройка в пределах каждого поддиапазона — изменением емкости конденсатора.

Один из основных показателей приемника — его чувствительность. Если говорят, что приемник имеет более высокую чувствительность по сравнению с другим приемником, то это значит, что первый приемник способен принимать более слабые радиосигналы, чем второй.

Чувствительность определяется наименьшей величиной входного сигнала, при котором на выходе приемника получается напряжение, необходимое для нормального воспроизведения входящего сигнала в телефонах, громкоговорителе или записывающем устройстве.

Атмосферные и промышленные помехи (от грозных разрядов, электродвигателей, рентгеновских установок и т. д.) ограничивают возможность приема слабых сигналов. Если уровень полезного сигнала не превышает уровня помех, то никакое усиление приемника не поможет, так как наравне с полезными сигналами будут усиливаться и помехи.

На сверхвысоких частотах (особенно в диапазоне сантиметровых волн) пределом повышения чувствительности приемника служат его собственные шумы. Они прослушиваются в ламповых приемниках как характерное шипение в телефонах.

Важное качество приемника — его избирательность. Она достигается использованием резонансных свойств колебательных контуров.

Как известно, в антенне наводятся э. д. с. всеми входящими волнами. Входной же контур приемника настраивается в резонанс на частоту нужной станции; э. д. с. этой

частоты создает в контуре наибольший ток, а все остальные э. д. с. создают в нем очень небольшие токи. Так происходит выделение интересующего нас сигнала.

Если бы не явление резонанса, то принять сигналы нужной станции было бы невозможно. Приемник в равной степени принимал бы одновременно большое количество различных сигналов. При радиотелефонном приеме результаты были бы такими же, как если бы вы сидели в аудитории и слушали одновременно выступление на разные темы большого числа докладчиков.

Избирательность зависит от числа колебательных контуров в приемнике и от их добротности. Добавить в приемник контур — значит сделать общую резонансную кривую острее. Тот же эффект достигается повышением добротности контуров, т. е. уменьшением в них потерь. При наличии нескольких контуров в приемнике избирательность как бы «наращивается» от контура к контуру, способствуя все большему и большему ослаблению нежелательных сигналов.

Избирательность зависит также и от формы резонансной кривой. Чем острее кривая, т. е. чем круче ее скаты, тем лучше избирательность приемника.

Однако ширина общей резонансной кривой приемника в своей верхней части, или, как говорят, ширина полосы пропускания частот приемника, должна быть такой, чтобы свободно пропускать весь спектр частот, излучаемых передатчиком.

Мы уже видели, что для амплитудно-модулированных передатчиков этот спектр занимает полосу 5—6 кГц. За «полосу пропускания» приемника принято считать такой участок частот, на границах которого напряжение колебаний ослабляется не более чем в два раза по сравнению с напряжением на резонансной частоте. За пределами полосы пропускания форма общей резонансной кривой приемника должна иметь крутой спад. Чем круче этот спад, тем выше избирательность приемника, тем лучше он отстраивается от мешающих станций.

Чем шире полоса пропускания приемника, тем меньше искажения принимаемых сигналов. Но при этом не следует забывать, что с расширением полосы пропускания увеличивается количество принимаемых помех радиоприему. Поэтому выбирается какая-то оптимальная полоса пропускания.

Приемник с высокой избирательностью ослабляет не только помехи соседних по частоте станций, но и атмосферные и промышленные помехи. Эти помехи представляют собой непериодические электромагнитные колебания. Спектр их частот очень широкий, поэтому они одновременно действуют на большое число приемников, настроенных на разные частоты. Чем шире полоса пропускания приемника, тем сильнее сказывается влияние этих помех.

Детектирование. Рассмотрим теперь процесс детектирования в приемнике. Как уже известно, детектирование — это выделение звуковой частоты сигнала из высокочастотных колебаний. Без детектирования невозможно получить звук в телефоне по следующим причинам.

Во-первых, обмотка электромагнита в телефоне вследствие явления самоиндукции представляет очень большое сопротивление для токов высокой частоты.

Во-вторых, мембрана телефона не может колебаться с высокой частотой: она слишком массивна.

Наконец, если даже эти трудности преодолеть, все равно наше ухо не в состоянии реагировать на высокочастотные колебания. Мы слышим звуковые волны, частота которых лежит в пределах 16—20 000 гц.

Если модулирование заключается в наложении звуковых колебаний на высокочастотные, то детектирование сводится к тому, чтобы выделить колебания звуковой частоты из модулированных колебаний. Таким образом, детектирование — это процесс, обратный модулированию. Детектировать — значит преобразовать модулированный переменный ток высокой частоты в ток низкой, звуковой частоты.

Для детектирования амплитудно-модулированных колебаний прежде всего необходимо «выпрямить» переменные токи высоких частот, т. е. превратить их в токи, проходящие в одном направлении. Это и делает электронная лампа или кристаллический детектор. Импульсы электрических токов, прошедшие через выпрямитель, отличаются следующими особенностями: во-первых, они непрерывно и быстро (с частотой передатчика) следуют друг за другом, во-вторых, амплитуда импульсов медленно изменяется в соответствии с частотой модуляции. Быстрые высокочастотные колебания после детектора сглаживаются фильтром, состоящим из конденсатора и сопротивления. Конденсатор накапливает заряд и медленно разряжается через сопротивление. В результате на сопротивлении фильтра возникает напряжение такой же формы, какое в передатчике создаст микрофон.

Частотно-модулированные сигналы характеризуются постоянной амплитудой. Если их продетектировать обычным амплитудным детектором, то можно получить только постоянный ток. Поэтому для успешного детектирования таких сигналов необходимо их сначала преобразовать в амплитудно-модулированные. Для этой цели служит частотный детектор (дискриминатор), который содержит устройство, реагирующее на изменение частоты принятых колебаний (например, резонансный контур). Принятые колебания превращаются дискриминатором в амплитудно-модулированные, а затем детектируются амплитудным детектором.

Схемы радиоприемников. Схемы современных приемников усложнены из-за необходимости усиления сигналов. Усиление производится по высокой частоте до детектирования. Усиление до детектора вызывается, с одной стороны, незначительностью величины наводимой в антенне э. д. с. входящих сигналов, а с другой стороны — низкой эффективностью детектирования слабых сигналов. Для нормальной работы детектора надо подвести к нему напряжение порядка нескольких десятых вольта или нескольких вольт. Необходимость усиления после детектирования диктуется относительно большими мощностями, которые нужно подвести к оконечному прибору (телефонам, громкоговорителю и т. д.).

Приемник, в котором сигнал усиливается сначала на частоте входящих радиоволн, а затем после детектирования — на звуковых частотах, называется приемником прямого усиления. Такие приемники имеют серьезные недостатки: не отличаются хорошей избирательностью и чувствительностью. В настоящее время они используются редко.

Широкое распространение получили приемники супергетеродинного типа. Блок-схема такого приемника изображена на рис. 14.

В антенной цепи приемника включен входной контур, играющий роль предварительного избирательного устройства. За ним расположен усилитель высокой частоты принимаемого сигнала, увеличивающий чувствительность приемника. Затем следует преобразователь частоты, о принципе действия которого рассказывалось выше, но, как известно, для преобразования частоты необходимо к лампе смесителя-преобразователя подвести вторую частоту, отличающуюся от частоты принимаемого сигнала. Такие колебания создаются специальным ламповым генератором, который называется гетеродином.

Частота гетеродина во всем диапазоне частот приемника всегда выше частоты принимаемого сигнала на одну и ту же величину, равную промежуточной частоте приемника.

При смещении в лампе преобразователя двух частот (принимаемого сигнала и гетеродина) на его выходе возникнет разностная частота биений, значительно (в несколько десятков раз) более низкая, чем частота принимаемого сигнала. Эта частота называется промежуточной частотой.

За каскадом преобразователя частоты следует усилитель промежуточной частоты, который усиливает получающееся на выходе преобразователя напряжение промежуточной частоты до величины, необходимой для нормальной работы детектора. Контуры усилителя промежуточной частоты имеют фиксированную настройку и не перестраиваются в процессе эксплуатации. Несмотря на это, супергетеродин позволяет производить прием радиостанций, работающих на различных частотах.

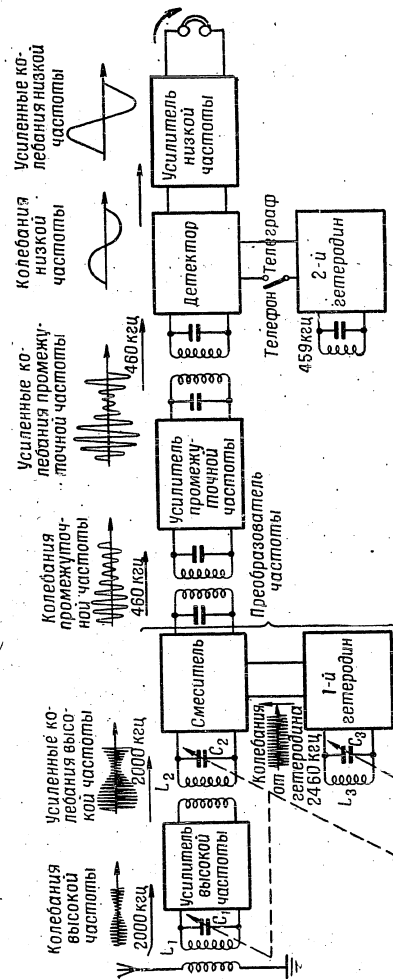


Рис. 14. Блок-схема супергетеродинного приемника

Для перестройки его с одной станции на другую необходимо перестроить колебательные контуры во входной цепи и усилителе и колебательный контур гетеродина. Перестройка выполняется одной ручкой, так как конденсаторы этих контуров укреплены на одной общей оси.

К достоинствам приемников супергетеродинного типа относятся высокая чувствительность и избирательность по диапазону.

В супергетеродинных приемниках можно получить большое усиление, а значит, и высокую чувствительность, без появления самовозбуждения. Это объясняется тем, что усиление сигнала происходит на трех или даже четырех частотах (при двойном преобразовании частоты). Кроме того, усилитель промежуточной частоты во время приема сигналов любой станции не перестраивается, что дает возможность большого усиления. Наконец, большое усиление значительно проще получить на более низкой (промежуточной) частоте, чем на частоте приходящего сигнала.

В супергетеродине можно достигнуть более высокой избирательности, чем в радиоприемнике прямого усиления, по следующим причинам. Во-первых, благодаря тому, что в супергетеродине имеется возможность выбрать промежуточную частоту. Этот выбор может быть произведен в соответствии с требованием получения высокой избирательности. Во-вторых, благодаря тому, что в процессе эксплуатации промежуточная частота не изменяется, а в усилителе с фиксированной настройкой легче получить высокую избирательность и форму резонансной характеристики, близкую к идеальному прямоугольнику, чем в усилителе, колебательные контуры которого в процессе эксплуатации должны перестраиваться.

В супергетеродине основное усиление и основная избирательность приходятся на каскады промежуточной частоты, которые имеют постоянную настройку, т. е. обеспечивают большое постоянное усиление и полосы по диапазону. Кроме того, в усилителях промежуточной частоты супергетеродинов применяются полосовые двух- и трехконтурные фильтры, дающие более выгодную форму резонансной кривой. Значит, здесь достигнута высокая избирательность. Избирательность супергетеродинного приемника по сравнению с приемником прямого усиления выше во столько раз, во сколько принимаемая высокая частота на входе приемника выше промежуточной частоты приемника.

За усилителем промежуточной частоты следует обычный амплитудный детектор и усилитель низкой частоты.

Для того чтобы принимать телеграфную немодулированную работу, в схему приемника введен второй гетеродин, колебания которого отличаются от промежуточной частоты всего на 800—1000 гц. Эти колебания подаются на детектор

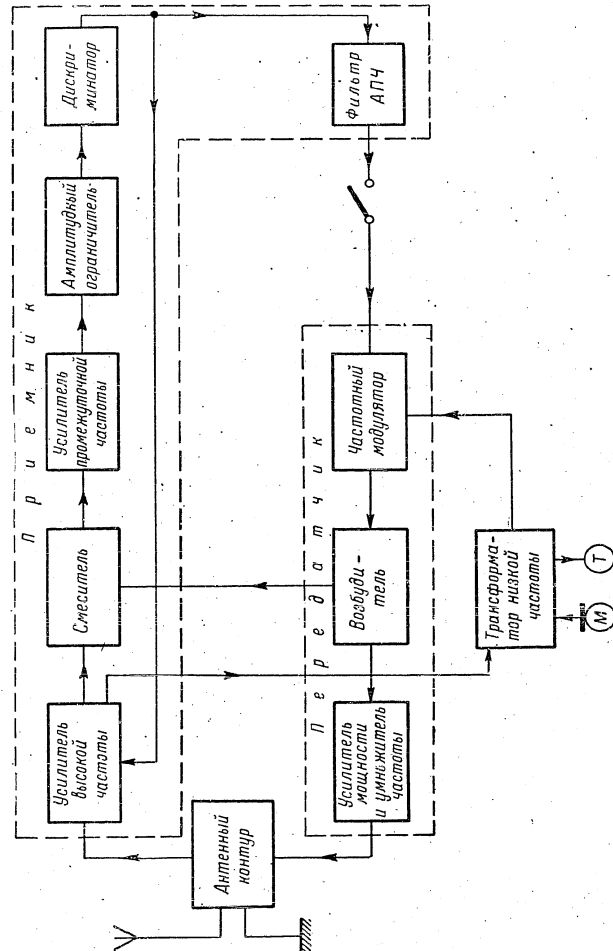


Рис. 15. Блок-схема трансферного приемопередатчика с частотой модуляции

и смешиваются с колебаниями промежуточной частоты. В результате на нагрузке детектора выделяется разностная частота 800—1000 гц, которая хорошо различается ухом. Следовательно, благодаря наложению колебаний второго гетеродина на принимаемые колебания становятся слышны радиотелеграфные сигналы.

Схемы приемников, предназначенных для приема частотно-модулированных колебаний, отличаются тем, что в них после последнего каскада усилителя промежуточной частоты располагается амплитудный ограничитель помех, за которым следуют частотный детектор-дискриминатор и обычный усилитель низкой частоты. В схеме супергетеродинных приемников ультракоротковолнового диапазона обычно вводится устройство для автоматической подстройки частоты (АПЧ) по частоте корреспондента.

Сущность работы системы АПЧ состоит в том, что уход промежуточной частоты в приемнике от номинала превращается в дискриминаторе в пропорциональное (по величине и знаку) постоянное напряжение. Реактивная лампа — управитель автоподстройки — под действием этого напряжения изменяет частоту гетеродина в сторону номинала промежуточной частоты, тем самым корректируя расстройку. Схема такого приемника изображена на рис. 15.

ТРАНСИВЕРНЫЕ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ

Встречаются радиостанции, в приемнике и передатчике которых использованы общие лампы, общие колебательные контуры, трансформаторы и т. п. Такое совмещение способствует уменьшению веса и габаритов переносных приемно-передающих радиостанций. Схему с общими частями для передатчика и приемника называют трансиверной. Чаще встречаются схемы, в которых входные контуры приемника используются как выходные контуры передатчика. Последняя особенность составляет преимущество трансиверной схемы: настроив приемник на определенную волну, радист может быть уверен, что и передатчик настроен на ту же волну. Шкала приемника и передатчика общая.

Однако, как известно, частота гетеродина приемника должна отличаться от частоты связи на промежуточную частоту. Следовательно, гетеродин нельзя использовать непосредственно как генератор передатчика. Необходимо при переходе на прием преобразовать частоту гетеродина так, чтобы его частота отличалась от частоты связи на величину промежуточной частоты. Это можно сделать, например, подключая или отключая дополнительные конденсаторы к контуру генератора. Иногда, наоборот, это преобразование частоты производится при переходе на передачу с помощью вспомога-

ного генератора, настроенного на промежуточную частоту, которая смешивается в смесителе с частотой гетеродина и преобразуется в частоту, на которой ведется связь. Эти колебания далее усиливаются и подводятся к антенне.

Такое построение схемы позволяет вести прием и передачу на одной волне при перестройке только одного генератора.

На рис. 15 представлена схема трансиверного приемопередатчика с частотной модуляцией. Контуры высокой частоты общие для приемника и передатчика. Микрофонный вход передатчика объединен в одном трансформаторе с телефонным выходом приемника. Усиление низкой частоты происходит в лампе усилителя высокой частоты.

При переходе с приема на передачу при нажатии тангенты микротелефонной трубки специальное реле переключает только цепь накала ламп с приема на передачу. Все лампы приемника, кроме возбуждителя-гетеродина и лампы автоподстройки частоты, гаснут, и включается накал лампы усилителя мощности.

Трансиверные схемы позволяют значительно сократить объем и вес приемопередатчиков. Они обеспечивают устойчивую связь на одной общей волне. Работа на разных волнах невозможна.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ПРИЕМНИКОВ И ПЕРЕДАТЧИКОВ

Приемники и передатчики всех типов в процессе своей работы потребляют электроэнергию, которую они получают от различных источников электроэнергии.

Для питания возимых и стационарных передатчиков большой и средней мощности используются силовые электростанции переменного тока. Электростанция состоит из двигателя внутреннего сгорания и генератора переменного тока частотой 50 гц необходимой мощности. Электростанция перевозится в отдельном автомобиле с кузовом или в автоприцепе. Там, где это возможно, радиостанции получают электропитание от отдельных силовых электросетей переменного тока. Такую же систему питания имеют и радиорелейные станции и магистральные радиоприемники.

Некоторые возимые радиостанции средней мощности, в частности танковые, получают электропитание от бортсети напряжением 12 или 24 в. Высокое напряжение, необходимое для питания цепей анодов и экранирующих сеток ламп приемников и передатчиков, обеспечивается с помощью вращающихся преобразователей постоянного напряжения — умформеров различных номиналов. В умформере совмещен электродвигатель, который приводится во вращение от бортсети, и генератор постоянного тока, который обеспечивает радиостанцию необходимым высоким напряжением.

Большие трудности возникают при выборе питания для переносных радиостанций, так как их вес и габариты в значительной мере зависят от источника питания. Во время второй мировой войны для этой цели чаще всего использовались аккумуляторы (обычно щелочные) для питания цепей накала и сухие батареи элементов — для питания анодно-экранных цепей.

Батареи после их использования выбрасываются и подлежат замене новыми, что является их серьезным эксплуатационным недостатком. Аккумуляторы могут быть заряжены на месте и использованы вновь.

Более удобным для войсковой эксплуатации является питание аппаратуры от аккумуляторов с преобразователями постоянного напряжения, от которых питаются цепи анодов и экранирующих сеток. При этом для питания переносной аппаратуры применяются преобразователи не вращающегося, а вибрационного типа — вибропреобразователи.

В вибропреобразователях постоянный ток, поступающий от аккумуляторов, вначале преобразуется в переменный, напряжение которого повышается трансформатором, после чего переменный ток повышенного напряжения преобразуется в постоянный и поступает на питание радиоаппаратуры.

Вибропреобразователь более экономичен по потреблению энергии, чем умформер. Его к. п. д. достигает 70 %.

Системы питания с аккумуляторами удобны, однако они требуют организации заряда аккумуляторов. Заряд аккумуляторов производится на специальных зарядных базах, на которых имеются зарядные электростанции, состоящие из двигателя внутреннего сгорания и генератора постоянного тока.

АНТЕННЫЕ УСТРОЙСТВА

Антенны войсковых радиостанций должны быть надежны в работе, удобны для переноски, эксплуатации и маскировки.

Наиболее простой тип войсковой антенны — это штыревая антенна, получившая широкое практическое применение. Штыревые антенны бывают различной высоты (от 1,5 до 20 м) и обычно состоят из отдельных колен. Если штырь имеет телескопическую конструкцию, то его трубчатые колена выдвигаются одно из другого. Для небольших антенн никакой отдельной опоры или оттяжек не требуется.

Чтобы увеличить дальность действия радиостанции, штыревые антенны часто снабжают металлическими «звездочками», которые навинчиваются на верхнее колено штыря (дальность увеличивается в полтора — два раза). При этом увеличивается ток, проходящий по антенне, так как емкость между концом антенны и землей возрастает.

Кроме штыревых антенн, применяются вертикальные ан-

тенны из гибкого провода, подвешенного на жестких опорах — мачтах.

Вертикальные антенны большой высоты обычно имеют противовес. На рис. 16 изображена вертикальная антенна с металлической «звездочкой» на конце. Противовес здесь состоит из четырех лучей. Провода противовеса с проводом антенны образуют как бы конденсатор. Емкость такого «конденсатора» увеличивается при увеличении числа лучей и их длины.

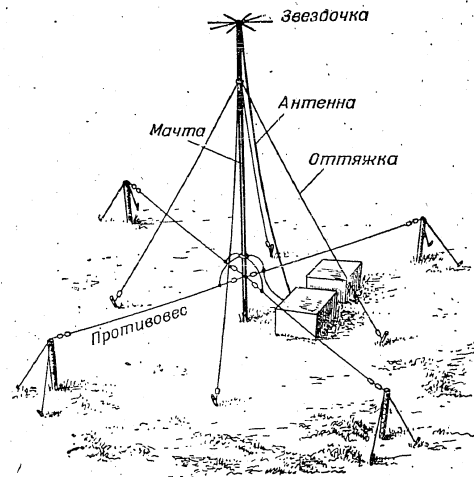


Рис. 16. Вертикальная антенна с противовесом (антенна со «звездочкой» подвешена на мачте)

Для получения оптимальной излучаемой мощности необходимо добиться наибольшей величины тока в антенне. Это достигается настройкой антенны в резонанс с частотой колебаний передатчика, при этом дальность действия радиостанции увеличивается.

Практически настройка антенны осуществляется изменением индуктивности катушки или емкости конденсатора, включаемых в антенну.

Большинство современных переносных радиостанций работает в широком диапазоне частот. Для настройки антенны в заданном диапазоне приходится включать секционированную катушку (или вариометр) и конденсатор переменной емкости.

Подбором числа витков катушки осуществляется грубая настройка антенны, а изменением емкости конденсатора — точная настройка.

Штыревые антенны излучают энергию радиоволн в разных направлениях неравномерно. Степень неравномерности излучения любой антенны изображается графически в виде кривой, называемой диаграммой направленности антенны. На рис. 17 изображена диаграмма направленности излучения вер-

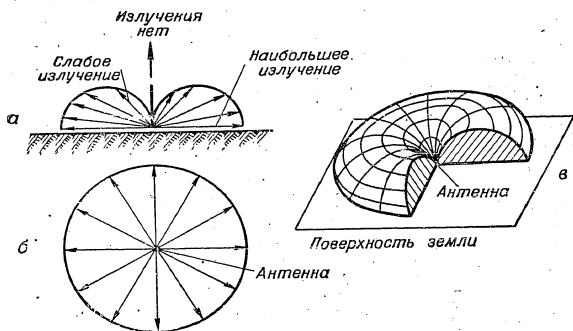


Рис. 17. Диаграмма направленности штыревой антенны: а — в вертикальной плоскости; б — в горизонтальной плоскости; в — объемное изображение диаграммы направленности

тикального штыря в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Радиоволны наибольшей мощности излучаются штыревыми антеннами вдоль земной поверхности. С увеличением угла к горизонту излучаемая мощность уменьшается. В вертикальном направлении радиоволны не излучаются, поэтому, например, для связи с самолетами эти антенны малоприменимы.

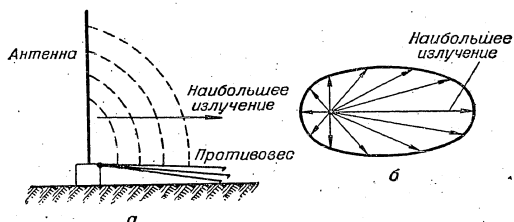


Рис. 18. Штыревая антенна с противовесом и ее диаграмма направленности в горизонтальной плоскости

На ультракоротких волнах широко применяется штыревая антенна с противовесом. На рис. 18, а изображена такая антенна, а на рис. 18, б — диаграмма ее излучения в горизонтальной плоскости. Провода противовеса в виде веера устанавливаются в направлении на корреспондента, так как в эту сторону происходит максимальное излучение энергии радиоволны.

В переносных радиостанциях используется также антенна, называемая горизонтальным вибратором. Она состоит из двух горизонтальных проводов, подвешиваемых на опорах высотой 1 м (рис. 19, а).

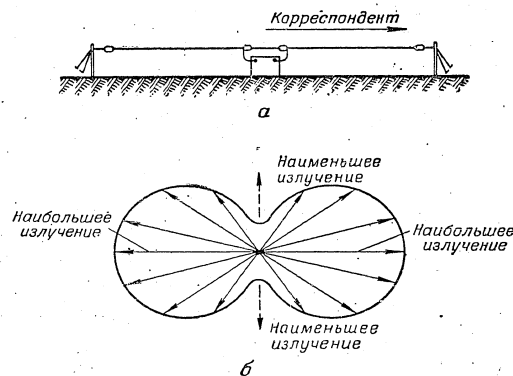


Рис. 19. Низко расположенный горизонтальный вибратор и его диаграмма направленности

При работе на низко расположенный горизонтальный вибратор дальность связи увеличивается по сравнению с дальностью при работе на штыревую антенну. Для хорошей работы горизонтального вибратора необходимо надежно изолировать от земли лучи антенны и корпус радиостанции. Поэтому не рекомендуется устанавливать радиостанцию непосредственно на землю, а лучи антенны разбрасывать по поверхности земли.

На рис. 19, б приведена диаграмма направленности низко расположенного вибратора в горизонтальной плоскости. Наиболее интенсивно радиоволны излучаются в направлении лучей антенны. Это нужно учитывать при развешивании антенны для связи. На рис. 20 показано правильное и неправильное расположение горизонтальных вибраторов при связи двух корреспондентов.

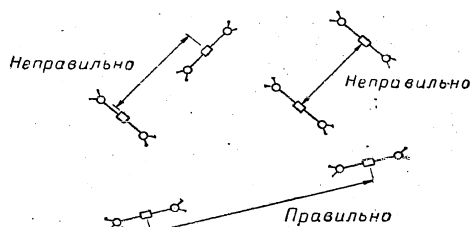


Рис. 20. Расположение горизонтальных вибраторов при связи двух корреспондентов

Для повышения дальности действия один из лучей горизонтального вибратора подвешивается к дереву или мачте на высоте 8—10 м от земли, а другой устанавливается в направлении на корреспондента и включается в гнездо «Противовес». Такая антенна называется антенной типа

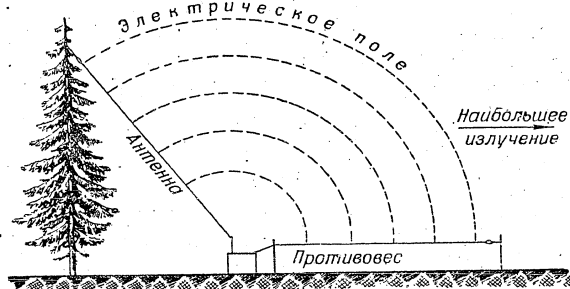


Рис. 21. Антенна типа «наклонный луч»

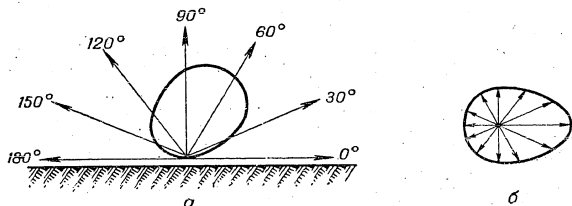


Рис. 22. Диаграмма направленности антенны типа «наклонный луч»: а — в вертикальной плоскости; б — в горизонтальной плоскости

«наклонный луч» (рис. 21). На рис. 22 приведены диаграммы ее направленности в горизонтальной, и вертикальной плоскостях.

На рис. 23 изображена Z-образная антенна. Наклонная часть ее удерживается оттяжкой. Противовес состоит из двух изолированных проводов. При работе радиостанции на средних волнах изолятор замыкается перемычкой и таким образом включается весь противовес. При работе на коротких волнах перемычка размыкается, благодаря чему используется только половина противовеса. Характеристика излучения Z-образной антенны подобна характеристике антенны типа «наклонный луч».

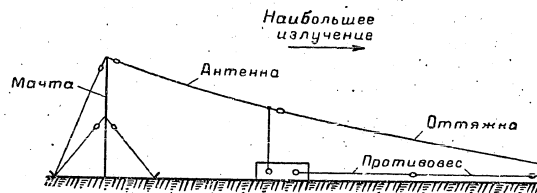


Рис. 23. Z-образная антенна

Антенны «наклонный луч» и Z-образная излучают значительное количество электромагнитной энергии, вверх и используются для связи на большие расстояния отраженным лучом. Большой эффективностью в этом отношении обладает полуволновый горизонтальный вибратор, подвешенный на высоте 10—15 м, питаемый от передатчика с помощью 2-проводной линии — фидера. Эта антенна направляет энергию вверх под большим углом к горизонту. Электромагнитные волны, отражаясь от верхних слоев ионосферы, при правильно выбранных волнах могут обеспечить уверенную связь на расстояниях в несколько сот километров. Эта антенна обладает максимальным излучением в направлении, перпендикулярном оси вибратора, в противоположность низко расположенному горизонтальному вибратору, максимум излучения которого происходит вдоль оси вибратора.

Заземление в радиостанциях служит как бы одной из обкладок «конденсатора», другой обкладкой которого служит антенна. Кроме того, в землю отводятся электрические заряды, наводимые в антенне грозowymi разрядами и заряженными частицами снега и пыли. Особенно сильные заряды могут появиться в антенне во время грозы. Эти заряды (если антенна изолирована от земли) опасны для жизни обслуживающего

персонала и, кроме того, могут вызвать повреждение аппаратуры.

При твердом и плохо проводящем грунте, а также на подвижных радиостанциях вместо заземлений используются противовесы.

Идеальный противовес можно себе представить в виде большой металлической пластины, расположенной над поверхностью земли. Создавая сплошной экран для электромагнитного поля, такая пластина может свести к минимуму потери энергии в земле. Выполнение такого противовеса практически невозможно, поэтому ограничиваются системой проводов, подвешиваемых под антенной невысоко над землей. На противовес, изолированный от земли, замыкается электрическое поле антенны.

Для передвижных станций высота подвешивания проводов противовеса над землей равна 1—2 м. При увеличении высоты подвешивания противовеса потери в почве уменьшаются, но при этом уменьшается и излучаемая энергия.

Вместо противовеса в подвижных радиостанциях часто используется металлический корпус станции.

При работе на ультракоротких волнах широко используется антенна бегущей волны в виде провода длиной 30—40 м, который растягивается над землей на высоте 1—6 м в направлении корреспондента. Эта антенна обладает резким направленным излучением и по сравнению со штыревой увеличивает дальность действия радиостанции в 2—3 раза. Способы ее использования показаны в гл. III (см. рис. 31).

ГЛАВА III

СВОЙСТВА РАДИОВОЛН И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О РАДИОВОЛНАХ И ИХ СВОЙСТВАХ

Как уже отмечалось, радиопередача основана на использовании радиоволн, представляющих собой электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве со скоростью света. Заметим, что радиоволны — это лишь небольшая часть широкого спектра электромагнитных волн, к которому относятся также, например, инфракрасные (тепловые) лучи, видимый свет, ультрафиолетовые и рентгеновские лучи, гамма-лучи. Все электромагнитные волны имеют одну и ту же природу и характеризуются прежде всего длиной волны, т. е. расстоянием, на которое распространяется волна за время одного периода, и частотой, т. е. количеством полных колебаний в течение одной секунды.

Электромагнитные волны различной длины проявляют себя по-разному. Радиоволны оказывают электрическое и магнитное действие, инфракрасные лучи нагревают тела, лучи света освещают предметы и т. д.

Электромагнитная волна (рис. 24) состоит из двух составляющих — электрического (E) и магнитного (H) полей, изменение (колебание) которых во времени и пространстве происходит по периодическому закону. В пространстве эти поля распределены так, что их силовые линии перпендикулярны друг к другу и к направлению движения волны. Максимумы и минимумы полей (гребни и впадины волны) совпадают между собой во времени.

Линия, вдоль которой распространяется волна, называется лучом волны.

Электромагнитные волны образуются вследствие изменения электрического и магнитного полей. Поэтому количественно электромагнитную волну можно выразить через значение напряженности электрического или магнитного поля. На прак-

тике оказалось удобным выражать интенсивность волны величиной напряженности ее электрического поля (E), измеряемой в микровольтах или милливольтках на метр ($мкв/м$, $мв/м$).

Электромагнитные волны, используемые в радиотехнике для различных целей, называются радиоволнами. Они занимают спектр частот от $15 \cdot 10^3$ до $3 \cdot 10^{11}$ *гц*, что соответствует длинам волн от 20 км до 1 мм. Порождать такие волны могут только переменные токи. При этом мощность волны, а следовательно, и ее энергия пропорциональны квадрату частоты тока.

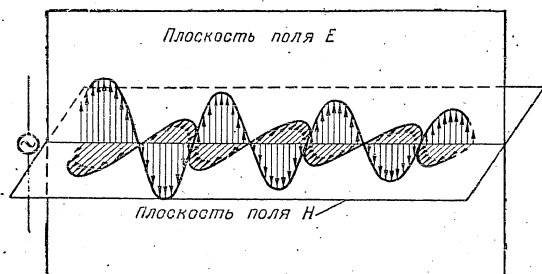


Рис. 24. Структура электромагнитной волны (радиоволны).

Для удобства изучения и использования, а также по особенностям распространения радиоволны принято группировать по диапазонам в соответствии с таблицей, приведенной в главе II.

Благодаря большой скорости распространения радиоволны радиосигнал передается почти мгновенно. Именно поэтому радио не боится расстояний.

Распространение радиоволн сопровождается переносом энергии, заключенной в электромагнитном поле.

По мере продвижения радиоволны от места возбуждения переносимая ею энергия постепенно затухает: часть ее превращается в тепло, или, как принято говорить, поглощается средой, а часть рассеивается в пространстве. Затухание радиоволн ограничивает дальность радиопередач. Однако в нем есть и положительная сторона. Если бы с увеличением расстояний волны не затухали, то было бы невозможно одновременно работать даже нескольким радиостанциям на одинаковых частотах, как бы далеко они ни находились одна от другой. Две работающие между собой радиостанции в этом

случае обязательно мешали бы всем остальным, что значительно уменьшило бы возможности использования радио.

При распространении света наблюдаются следующие явления:

— отражение от границы двух веществ, которые имеют различные оптические свойства;

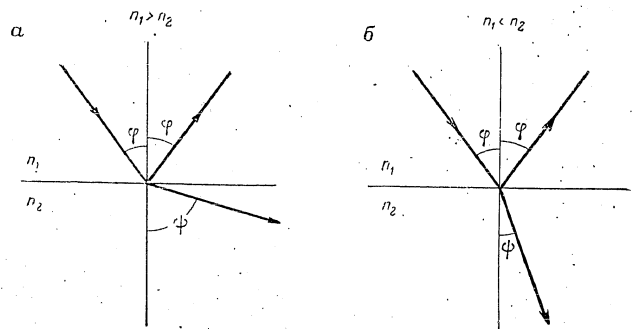


Рис. 25. Переход радиоволны:

а — из более плотной среды в менее плотную; б — из менее плотной в более плотную

— преломление при переходе через границу между двумя различными прозрачными веществами;

— дифракция, т. е. явление частичного огибания препятствий, которые встречаются на пути распространения света;

— интерференция, т. е. наложение световых лучей, при котором может наблюдаться ослабление или усиление силы света.

Все эти явления наблюдаются и при распространении радиоволн.

В электрически однородной среде радиоволны распространяются прямолинейно и с постоянной скоростью. При встрече с другой средой они частично преломляются на ее границе и отражаются, а частично проникают в эту среду, изменяя направление движения.

На рис. 25, а показан переход радиоволны из более плотной среды в менее плотную, а на рис. 25, б, наоборот, — из менее плотной в более плотную¹.

¹ Плотность среды определяется коэффициентом преломления n : чем больше n , тем плотнее считается среда.

При отражении радиоволн от границы раздела двух сред угол падения равен углу отражения. Угол падения φ связан с углом преломления ψ соотношением

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = \frac{n_2}{n_1},$$

где n_1 и n_2 — коэффициенты преломления соответственно первой и второй сред, характеризующие степень плотности сред.

Если коэффициент преломления среды, в которой распространяется волна, изменяется плавно в одну и ту же сторону, например уменьшается, то радиоволна испытывает непрерывное преломление, движется по криволинейной траектории. Очевидно, что чем электрически неоднороднее среда, тем быстрее меняется коэффициент преломления и тем больше кривизна траектории радиолуча.

Явление искривления траектории радиолуча в неоднородной среде называется рефракцией радиоволн; на нем мы остановимся подробнее при рассмотрении ультракоротких радиоволн.

На пути распространения радиоволн в атмосфере встречаются большие и малые области этой среды, резко различающиеся между собой по плотности, влажности и температуре, которые принято называть неоднородностями. При определенных условиях неоднородности могут не только отражать, но и рассеивать радиоволны. Такое отражение и рассеяние радиоволн рассматривают как результат вторичного излучения, которое вызывают распространяющиеся волны во всех предметах и телах, отличающихся по своим электрическим свойствам от воздуха.

Постоянство скорости и прямолинейность распространения радиоволн в однородной среде, а также отражение и рассеяние радиоволн неоднородностями лежат в основе радиолокации, в частности, в определении расстояний до объектов, их координат, самонаведения на цель управляемых снарядов и др.

За счет отражения и рассеяния радиоволн в земной атмосфере возможно дальнейшее и сверхдальнее распространение радиоволн.

На возможности незначительного проникновения радиоволн из одной среды в другую (например, из воздуха в воду или землю) основана радиосвязь с подводными лодками и работа радиоустройств с использованием подземных антенн.

Разумеется, отражение, преломление и переход радиоволн из одной среды в другую сопровождаются потерями энергии волны, зависящими от электрических свойств сред и частоты волны.

Распространяющиеся радиоволны подвержены явлениям дифракции и интерференции.

Дифракцией радиоволн называется способность их огибать (обходить) препятствия — кривизну и неровности земной поверхности (горы, холмы), строения, лес и т. п. (рис. 26). Дифракция наиболее заметна на длинных волнах и уменьшается с их укорочением. Так, если длина волны значительно больше размеров препятствия, то радиоволна свободно огибает его. Если же длина волны намного меньше размеров препятствия, то последнее становится непреодолимой преградой для распространяющейся волны.



Рис. 26. Дифракция радиоволн

Интерференция радиоволн представляет собой сложное взаимодействие волн, приходящих в точку приема различными путями. В результате этого явления напряженности полей взаимодействующих волн складываются или вычитаются в зависимости от совпадения или несовпадения их фаз. Вследствие интерференции радиоволн результирующая напряженность поля в точке приема может оказаться больше или меньше напряженности каждой из слагаемых волн. Напряженности полей двух радиолучей будут вычитаться, если разность хода этих лучей ($r_2 - r_1$) равна целому нечетному числу полуволн, и складываться, если разность хода равна целому числу длин волн. Однако если складываются тропосферная волна и волна, отраженная от поверхности земли, то тот же результат взаимодействия волн получается при диаметрально противоположных условиях.

В радиосвязи явление интерференции приводит, как правило, к замираниям (федингам) принимаемых сигналов.

Типичные случаи интерференции радиоволн, наблюдаемые в практике радиосвязи, показаны на рис. 27.

В первом случае (рис. 27, а) в точку приема приходят радиоволны поверхностная, распространяющаяся вдоль по-

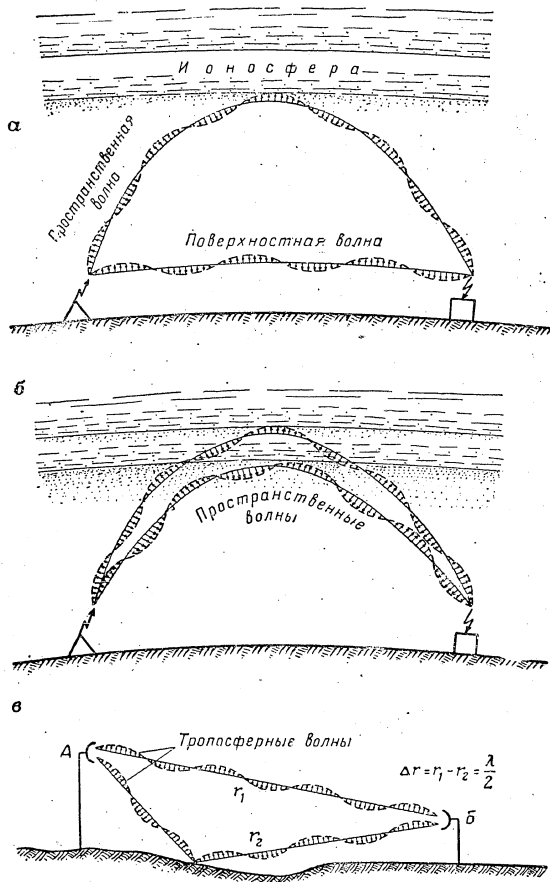


Рис. 27. Интерференция радиоволн:
 а — в точку приема приходят поверхностные и пространственные волны;
 б — в точку приема приходят пространственные волны, отраженные на различных высотах; в — в точку приема приходят прямые и отраженные от земли волны

верхности земли, и пространственная, распространяющаяся за счет отражения от одного из слоев верхней атмосферы (ионосферы). Это характерно для диапазона средних и частично коротких радиоволн при связи на расстояния до 100—300 км.

Во втором случае (рис. 27, б) в точку приема приходят пространственные радиоволны, отраженные от слоев ионосферы, находящихся на различных высотах. Такое явление наблюдается преимущественно на коротких волнах при связи на большие расстояния.

В третьем случае (рис. 27, в) в точку приема приходят радиоволны прямая и отраженная от поверхности земли. Это часто наблюдается в диапазоне УКВ при высоко поднятых антеннах станций, например на линиях радиорелейной связи в условиях равнинной или среднепересеченной местности.

В радиолокации интерференция волн, вызванная влиянием отражающей поверхности земли, резко видоизменяет диаграмму направленности антенны в вертикальной плоскости, в результате чего под различными углами наблюдения за целью образуются непросматриваемые зоны пространства, сокращается дальность обнаружения. Однако под некоторыми другими углами наблюдения в вертикальной плоскости дальность обнаружения цели может быть вдвое больше, чем при отсутствии интерференции.

ВЛИЯНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И АТМОСФЕРЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Земная атмосфера, состоящая из воздуха и влаги, является основной средой, где распространяются радиоволны. Она делится на три части (рис. 28) — тропосферу, стратосферу и ионосферу.

Тропосфера — нижний слой атмосферы, простирающийся до высоты 10—15 км в зависимости от широты. Эта область атмосферы сильно влияет на распространение ультракоротких радиоволн. В ней сосредоточена почти вся влага атмосферы.

Над тропосферой на высоте от 10—15 км до 50—60 км находится стратосфера. Она мало влияет на распространение радиоволн, и при изучении распространения радиоволн ее обычно относят к тропосфере или ионосфере.

Ионосфера представляет собой верхнюю область атмосферы, находящуюся на высоте примерно 60—800 км. Она состоит из нескольких ионизированных слоев.

Под влиянием солнечных лучей и так называемых космических лучей в атмосфере происходит ионизация воздуха. Часть

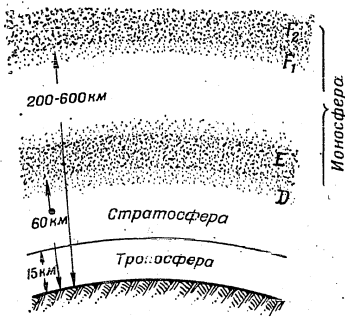


Рис. 28. Деление атмосферы

атомов распадается на свободные электроны и ионы. Солнечные лучи, попадая в верхние слои атмосферы, создают незначительную ионизацию, так как газ очень разрежен (имеется небольшое число молекул в единице объема). По мере проникания солнечных лучей в более плотные слои атмосферы степень ионизации увеличивается. С приближением к земле энергия солнечных лучей падает и степень ионизации опять уменьшается. Кроме того, в нижних слоях атмосферы вследствие боль-

шого давления отрицательные заряды долго существовать не могут; происходит процесс восстановления нейтральных молекул.

На все радиоволны, кроме ультракоротких, ионосфера оказывает большое влияние: она отражает их в той или иной степени в зависимости от частот радиоволн. Именно благодаря ионосфере существуют пространственные, или, как их иногда называют, ионосферные, волны.

Кроме атмосферы, на распространение радиоволн влияет поверхность земли и ее предметы.

В радиосвязи радиоволны подразделяются на поверхностные, распространяющиеся вдоль поверхности земли, и пространственные, распространяющиеся под различными углами к линии горизонта (рис. 27 и 29) и отражающиеся от ионосферы.

Поверхностные радиоволны. Распространение поверхностных волн сильно зависит от электрических свойств почвы, рельефа местности и растительности.

Распространяясь вдоль земной поверхности, радиоволны возбуждают токи проводимости в почве, расходуя часть своей энергии на ее нагрев — поглощение.

Поглощение энергии радиоволн тем больше, чем выше их частота (чем короче длина волны) и меньше проводимость земной поверхности, так как при меньшей проводимости земли радиоволны глубже проникают в почву. При более низких частотах и повышенной проводимости почвы радиоволны возбуждают токи в очень тонком поверхностном слое, экранируя тем самым более глубокие области почвы и препятствуя проникновению в них радиоволн.

Пересеченная местность с густой растительностью допол-

нительно ослабляет поверхностные радиоволны, причем тем больше, чем выше частота.

К положительным свойствам поверхностных радиоволн относятся постоянство условий их распространения и малая зависимость от времени суток, года и состояния атмосферы. Их недостаток — ограниченная дальность распространения вследствие поглощения земной поверхностью. Для повышения дальности радиосвязи поверхностными радиоволнами, особенно в диапазоне коротких волн, требуются более мощные передатчики и громоздкие антенны.

Поверхностные радиоволны широко используются для радиосвязи в тактических звеньях управления различных родов войск и видов вооруженных сил.

Пространственные радиоволны используются в радиосвязи для передач на большие расстояния.

Излученные под углом к земной поверхности (рис. 29) пространственные волны достигают ионосферы и, отражаясь от нее, возвращаются на землю на больших расстояниях от места излучения. При этом часть энергии волны, большая или меньшая в зависимости от частоты волны, поглощается ионосферой.

Физическая картина отражения и поглощения пространственной волны заключается примерно в следующем.

Скорость распространения радиоволн в ионосфере уменьшается по мере проникновения их из электрически менее плотной области в электрически более плотную. Это приводит к изменению направления распространения волны и ее возвращению на поверхность земли. Отражение пространственных волн от ионизированных слоев ионосферы можно объяснить также переизлучением волн ионосферой. При этом

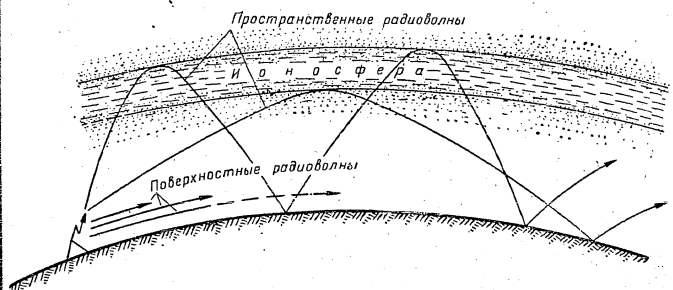


Рис. 29. Поверхностные и пространственные радиоволны

нионизированный слой рассматривают как поверхность проводящей сферы, в которой индуктируются высокочастотные токи под действием падающих, т. е. первичных, волн. Эти токи порождают вторичные волны, которые достигают поверхности земли. Чем выше степень ионизации ионосферы, чем ниже частота и меньше крутизна радиолуча, тем легче происходит отражение от ионосферы.

Поглощение энергии волн в ионосфере заключается в том, что радиоволна, проникая в толщу ионосферы, возбуждает в ней колебания свободных электронов. Размах этих колебаний тем больше, чем длиннее волна при данной напряженности поля. Иначе говоря, чем длиннее волна, тем большей интенсивности колебания свободных электронов она вызывает, тем больше расходуется энергии на нагревание среды, т. е. поглощение энергии ионосферой.

Различают четыре регулярных слоя, или максимума, ионосферы, в той или иной степени влияющих на распространение пространственных волн.

На высоте 60—90 км над уровнем моря в дневное время образуется слабо ионизированный слой *D*. Этот слой почти не способен отражать радиоволны, он их только поглощает и тем сильнее, чем длиннее волна.

На высоте 90—130 км постоянно существует слой *E*, имеющий значительно большую электронную концентрацию, чем слой *D*. От него хорошо отражаются длинные и средние волны, а короткие волны в нем сильно поглощаются.

На высоте 200—600 км находится ионизированный слой *F*. Он имеет очень высокую электронную концентрацию в течение суток и года и играет основную роль в распространении коротких радиоволн. В дневное время летом слой *F* расщепляется на два слоя — F_1 и F_2 .

В средних широтах слой F_1 находится на высотах приблизительно 180—220 км, а слой F_2 — на высотах 220—600 км. Слой F_2 имеет очень высокую электронную концентрацию и является основным отражающим слоем для коротких, а иногда и длинноволновой части ультракоротких радиоволн.

На высоте слоя *E* образуется нерегулярно существующий слой E_s , характеризующийся весьма высокой электронной концентрацией. Он хорошо отражает короткие волны и длинноволновую часть ультракоротких волн.

Каждый ионизированный слой имеет свою критическую частоту — важный параметр, с которым связано определение рабочих частот.

Критическая частота — это наивысшая частота f_0 вертикально падающего на слой ионосферы радиолуча, при которой радиоволны, отражаясь от слоя, возвращаются на земную поверхность. Все частоты выше f_0 не отражаются данным слоем.

Значения критических частот неодинаковы для разных географических пунктов земного шара и непостоянны в течение суток и года. Они изменяются в соответствии с изменениями состояния слоев ионосферы. Электронная концентрация ионизированных слоев и высота их над землей определяются интенсивностью воздействия солнечного излучения на земную атмосферу. Это воздействие неодинаково в разных пунктах земного шара и зависит как от взаимного положения Земли и Солнца в пространстве, так и от солнечной активности, определяемой количеством пятен на Солнце. Электронная концентрация ионизированных слоев возрастает, а критические частоты повышаются с приближением к экватору. С приближением к полюсам электронная концентрация уменьшается, а критические частоты понижаются.

Солнечная деятельность циклически изменяется с течением времени от максимума к минимуму. Длительность цикла равна примерно 11 годам. 1957 г. характеризовался самой высокой деятельностью Солнца.

Критические частоты определяются специальными ионосферными станциями. Это необходимо для расчета рабочих частот связи пространственной волной на различные расстояния.

По данным, получаемым на ионосферных станциях, составляются радиопрогнозы, служащие для определения оптимальных рабочих частот на конкретных радиотрассах.

Радиопрогнозы могут быть либо долгосрочными, определяющими диапазон применимых частот на 11-летний период изменения солнечной деятельности, на годичный цикл изменения состояния ионосферы (годовые прогнозы) или на каждый месяц (месячные прогнозы), либо краткосрочными, определяющими диапазон частот на короткий промежуток времени, например на сутки.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ

Длинные и сверхдлинные радиоволны (длиннее 1000 м) распространяются как поверхностной, так и пространственной волной. Поверхностная волна сравнительно хорошо огибает кривизну Земли или неровности, но вследствие поглощения в почве распространяется на ограниченные дальности. Пространственная волна, многократно отражаясь от самых нижних слоев ионосферы (днем от слоя *D*, ночью от слоя *E*) и от поверхности земли, распространяется в своеобразном сферическом волноводе. Эта волна сильно поглощается в ионосфере, и потому дальность ее распространения резко ограничена. Для перекрытия больших расстояний с помощью

длинных и сверхдлинных радиоволн потребовались бы передатчики очень большой мощности.

Весьма ценное свойство длинных и сверхдлинных радиоволн — независимость условий их распространения от метеорологических факторов и от изменений верхних слоев атмосферы в течение суток и года. Однако аппаратура данного диапазона волн получается громоздкой и тяжелой. Она применяется для связи (преимущественно односторонней) с подводными лодками, поскольку длинные волны могут сравнительно глубоко (на десятки метров) проникать в воду. При этом используются передатчики мощностью до 1000 и более киловатт [55].

Сверхдлинные и длинные радиоволны применяются в радионавигационной технике, а также для связи в полярных широтах.

Средние радиоволны (100—1000 м) имеют несколько иные условия распространения, чем длинные. Днем наблюдаются только поверхностные волны, так как пространственные волны (длиннее 300 м) практически полностью поглощаются в ионосфере, главным образом, в слое D. Ночью, с исчезновением слоя D, поглощение в ионосфере уменьшается, вследствие чего на пространственных волнах, отражающихся от более высоких слоев ионосферы, можно поддерживать связь на расстояниях 1500—2000 км при мощности передатчика около 1 квт. Пространственные волны этого диапазона имеют сезонную зависимость: они проходят значительно лучше зимой, чем летом.

Дальность распространения поверхностных волн вследствие их значительного (по сравнению с длинными волнами) поглощения в почве сокращается, особенно на коротковолновом участке этого диапазона при распространении над сухой песчаной почвой (например, в пустыне).

На средних радиоволнах становятся заметными помехи радиоприему как промышленные (от работающих электрических устройств), так и атмосферные (от грозных разрядов), а в диапазоне 100—300 м ночью наблюдаются сильные помехи от дальних радиостанций.

Большое достоинство средних радиоволн состоит в том, что они не подвержены влиянию ионосферных возмущений и условия их распространения практически не зависят от 11-летнего периода солнечной активности, за исключением радиоволн длиной 100—300 м. Однако и этим волнам свойственны замирания сигналов в точке приема вследствие интерференции волн.

Для средневолнового диапазона можно создать автомобильные и переносные радиостанции приемлемых габаритов и весов. Такие станции особенно полезны в полярных районах, где из-за сильных и частых ионосферных возмущений

применение коротковолновых радиостанций весьма затруднено.

Участок диапазона средних волн 100—300 м широко используется в войсковой практике для связи поверхностной волной на расстояния от нескольких десятков до 200—300 км.

Согласно международному соглашению на волнах длиной около 600 м (частоты 485—515 кГц) передаются сигналы бедствия (сигналы SOS).

Средневолновый диапазон широко используется для радиовещания; в нем работает много тысяч вещательных радиостанций большой мощности, которые могут создавать помехи связным станциям, работающим в этом диапазоне.

Короткие радиоволны (10—100 м) имеют более резко выраженную зависимость распространения пространственной волны от состояния ионосферы. Поверхностные волны коротковолнового диапазона значительно больше, чем средние волны, поглощаются почвой и хуже огибают выпуклость Земли. Дальность их распространения обычно составляет десятки и реже несколько сотен километров (при мощности передатчика 0,2—1 квт).

В этом диапазоне основную роль играют пространственные волны, которые, отражаясь от самых высоких слоев ионосферы и от поверхности земли, могут распространяться на тысячи и даже десятки тысяч километров при сравнительно небольшой мощности передатчика.

Способность коротких радиоволн хорошо отражаться от ионосферы весьма важна не только для дальней связи. За счет пространственной волны с помощью радиостанций малой мощности можно получить радиосвязь и между сравнительно близкими пунктами, разделенными высокими горными хребтами, полностью экранирующими поверхностные волны. Для этого необходимо рабочую частоту выбрать несколько меньше критической частоты вертикального падения на ионосферу и применить антенну зенитного (вертикального) излучения. Такой выбор рабочих волн широко применяется в войсковой практике, особенно в условиях гористой или резко пересеченной местности, а также в условиях сильных помех радиоприему.

Пространственные короткие волны при отражении от ионосферы пронизывают ионизированный слой E в прямом и обратном направлениях. При этом значительная часть энергии волн поглощается при данной крутизне луча тем больше, чем меньше частота волны и чем выше плотность ионизации слоя. Поэтому для связи в определенных условиях стараются выбирать частоты несколько выше некоторой крайней частоты, называемой предельной частотой по поглощению (ПЧП). Эта частота служит нижней предельной границей

применимых для связи частот. С другой стороны, нельзя брать и очень высокие частоты, так как они не будут отражаться от слоя F_2 , т. е. такие волны будут пронизывать всю ионосферу, не возвращаясь на поверхность земли. Крайнюю частоту, выше которой волны не отражаются ионосферой при данной крутизне луча, называют предельной частотой по отражению (ПЧО). Она служит верхней границей применимых частот.

Таким образом, для определения оптимальных рабочих частот связи распространяющихся пространственных волн необходимо знать прежде всего нижний и верхний пределы применимых частот и не выходить из этих пределов.

Как нижние, так и верхние предельные частоты зависят от плотности ионизации слоев F_2 и E , т. е. от условий солнечной освещенности атмосферы на трассе связи. Определяют эти частоты по радиопрогнозам. В зависимости от прохождения коротких волн за сутки в летнее время радиолюбители обычно делят эти волны на дневные (15—25 м), ночные (40—60 м) и промежуточные (25—40 м), используемые утром и вечером.

Для коротких радиоволн в большей степени, чем для средних, характерно замирание сигналов, т. е. беспорядочное изменение напряженности поля в точке приема вследствие интерференции радиолучей.

При работе на коротких волнах встречаются такие участки поверхности земли, где прием сигналов передатчика становится невозможным ни на поверхностных, ни на пространственных волнах. Это так называемые зоны молчания, или мертвые зоны (рис. 30). Они простираются от пункта затухания поля поверхностной волны до пункта прихода на землю отраженной от ионосферы волны. Очевидно, при заданной длине волны величина зоны молчания зависит от крутизны излучаемых радиоволн и высоты отражающего слоя.

Условия отражения коротких радиоволн определяются состоянием ионизированного слоя F_2 .

Строение и электронная концентрация этого слоя часто нарушаются вследствие неравномерности солнечного излучения, вызывающей так называемые ионосферные возмущения и магнитные бури. В результате энергия коротких радиоволн значительно поглощается, что ухудшает радиосвязь, даже иногда делает ее совсем невозможной. Особенно часто ионосферные возмущения наблюдаются на широтах, близких к полюсам. Поэтому там коротковолновая радиосвязь ненадежна.

Наиболее заметные ионосферные возмущения имеют свою периодичность: они повторяются через 27 суток (время обращения Солнца вокруг своей оси).

В диапазоне коротких радиоволн сильно сказывается влияние станционных (взаимных) помех радиоприему. Этот

диапазон перегружен одновременно работающими радиостанциями. Поэтому взаимные помехи (особенно ночью) зачастую бывают основным фактором, определяющим дальность действия коротковолновых радиостанций.

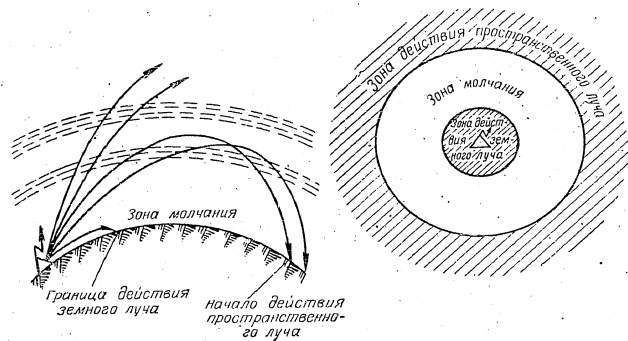


Рис. 30. К понятию о зонах молчания

Ультракороткие радиоволны (УКВ, волны короче 10 м) распространяются как вдоль поверхности земли — в пределах видимого горизонта, так и путем рассеянного отражения от неоднородностей в тропосфере и ионосфере — далеко за пределы прямой видимости. На особенностях их распространения остановимся подробнее.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН

Чем короче радиоволны, тем они по свойствам и характеру распространения ближе к световым волнам. Поэтому считают, что ультракороткие радиоволны подобно световым распространяются прямолинейно и дальность их распространения, т. е. дальность радиосвязи, ограничивается пределами прямой (геометрической) видимости:

$$D = 3,6(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (3)$$

где D — расстояние в км;

h_1 и h_2 — высота подъема передающей и приемной антенн в м.

Если в качестве антенны используется вертикальный штырь, то за высоту антенны следует считать расстояние от середины штыря до уровня земли.

На практике в связи с тем, что ультракороткие волны в небольшой степени обладают способностью огибать препятствия, дальность связи обычно превышает дальность, найденную по приведенной формуле.

Способность огибать препятствия выражена тем больше, чем длиннее волна.

Дальность и надежность ультракоротковолновой радиосвязи, как известно, существенно зависят от выбранного типа антенны, места развертывания радиостанции, рельефа местности и проводимости почвы на трассе связи.

Ту или иную антенну необходимо выбирать в зависимости от способа организации радиосвязи (по радиосети или радионаправлению, см. главу IV), характера работы (на ходу или на стоянке), требуемой дальности связи, условий местности и боевой обстановки.

Для связи по радиосети, когда корреспонденты расположены в различных направлениях, надо применять штыревую антенну, не обладающую направленным действием в горизонтальной плоскости. При необходимости работы из укрытия штыревую антенну целесообразно выносить на открытое место, устанавливая ее с помощью кронштейна на местные предметы и соединяя с радиостанцией высокочастотным кабелем типа РК-1 (РК-3, РК-49) длиной до 15 м.

Дальность действия радиостанции, работающей на штыревую антенну на среднепересеченной местности со средней проводимостью почвы, достигает 6—8 км. При подъеме штыревой антенны на мачту высотой 10—12 м дальность связи может увеличиться в 2—3 раза.

Во всех случаях связи по радионаправлению рекомендуется применять антенну бегущей волны, обладающую резко выраженным направленным действием. Это позволяет увеличить дальность действия радиостанции до 25—30 км. Такую антенну целесообразно также применять при работе из укрытий.

Примеры развертывания радиостанций с различными типами антенн в различных условиях показаны на рис. 31.

Как известно, на диаграмму направленности антенны и распространение радиоволн влияет не только местность, но и местные предметы (здания, лес, металлические сооружения, провода и т. д.). Поэтому в населенном пункте радиостанцию по возможности надо располагать в верхнем этаже здания или на чердаке с неметаллической крышей. В каменном здании ее следует развертывать в помещении с окнами, обращенными к корреспонденту.

В крупном населенном пункте, где на качество связи сильно влияет интерференция радиоволн, место расположения

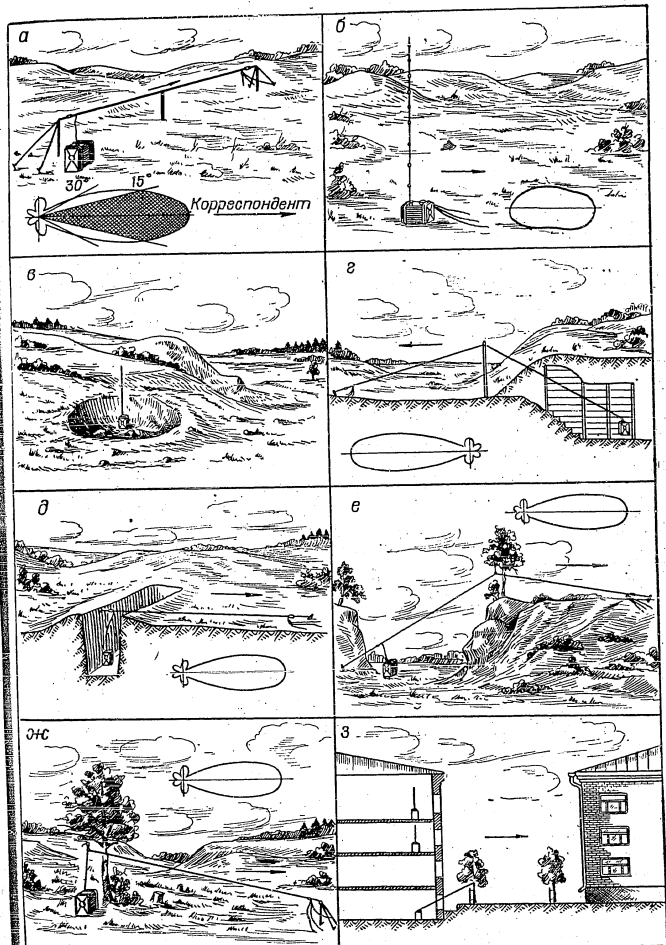


Рис. 31. Примеры развертывания радиостанций:

а, б, в, г, д, е, ж — с лучевыми антеннами бегущей волны; б, в, г — со штыревыми антеннами

радиостанции должно быть подобрано экспериментально по наилучшей слышимости корреспондента.

При наличии лесного массива и открытого места в сторону корреспондента радиостанцию не следует располагать на лесной опушке близко к кромке леса, а лучше отнестись на открытое место или углубиться в лес.

Не рекомендуется развешивать радиостанцию вблизи крупных металлических сооружений, линий электропередач, сети проводных линий, пересекающих трассу связи.

Антенну необходимо удалять от местных предметов не менее чем на 2—3 длины волны.

На интенсивность излучения и распространение волн большое влияние оказывает почва, на которой установлена антенна. Например, влажная почва более благоприятна, чем сухая.

При расположении переносных радиостанций на влажной почве целесообразнее использовать вертикальную антенну, а в условиях сухой почвы — горизонтальную, например антенну бегущей волны или ее разновидности (лямбдаобразную, полуромбическую).

При работе в лесу хорошие результаты дает антенна в виде горизонтального симметричного полуволнового вибратора, расположенного на высоте четверти длины волны. При этом на передающей и приемной станциях должны применяться однотипные антенны, ориентированные взаимно перпендикулярно осям вибраторов, так как горизонтальный вибратор имеет максимум излучения в направлении, перпендикулярном оси вибратора.

На дальность и качество ультракоротковолновой связи на равнинной и среднепересеченной местности сильно влияет характер подстилающей поверхности, т. е. поверхности, над которой распространяются радиоволны. Опыт показывает, что радиостанция мощностью 1,5 Вт при работе на типовую штыревую антенну дает наименьшую дальность (4—5 км) на трассе с подстилающей поверхностью в виде замерзшего водоема с пресной водой. Эта дальность увеличивается в 1,5 раза на трассе, проходящей через лес, в 2 раза над почвой, покрытой толстым слоем снега, в 2,5—3 раза на среднепересеченной местности, в 3,5—4 раза на трассе, проходящей через пресноводные пространства, и в 6—7 раз на морских трассах. При использовании направленных антенн указанные дальности увеличиваются примерно в 1,5—2 раза.

Следует помнить, что на дальность связи решающее влияние оказывают концевые участки трассы, т. е. места расположения радиостанции. Поэтому радиостанции целесообразно развешивать вблизи водоемов, участков заболоченной или влажной почвы. При работе из оврагов рекомендуется радиостанцию располагать не на дне оврага, а на удаленном от корреспондента скате.

Исследованиями доказано, что гористая местность не вызывает больших трудностей в ультракоротковолновой радиосвязи, если правильно учитывать особенности такой местности. Более того, используя особенности распространения ультракоротких волн через горные возвышенности и хребты клиновидной формы, можно получить устойчивую связь между радиостанциями, расположенными в области глубокой геометрической тени на расстояниях, превышающих дальности действия этих станций на ровной или среднепересеченной местности.

Исследованиями доказано, что гористая местность не вызывает больших трудностей в ультракоротковолновой радиосвязи, если правильно учитывать особенности такой местности. Более того, используя особенности распространения ультракоротких волн через горные возвышенности и хребты клиновидной формы, можно получить устойчивую связь между радиостанциями, расположенными в области глубокой геометрической тени на расстояниях, превышающих дальности действия этих станций на ровной или среднепересеченной местности.

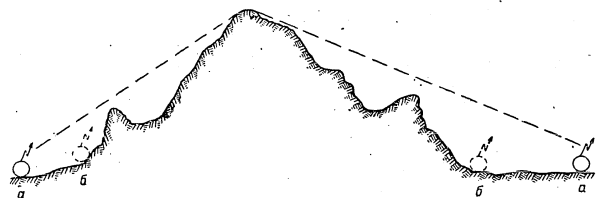


Рис. 32. Расположение радиостанций на трассе с клиновидным препятствием:
а — правильное; б — неправильное

ности. Для этого радиостанции надо располагать не у подножья горы, а на таком расстоянии от нее, чтобы корреспондирующие между собой станции «видели» одну и ту же высокую вершину, через которую пролегает трасса связи (рис. 32). Организованная таким образом радиотрасса измеряется десятками километров.

При расположении станций на господствующих высотах дальность связи может достигать до 100 км. Однако очень большие просветы (свыше 150—200 м) между линией прямой видимости и поверхностью земли могут привести к ухудшению связи вследствие влияния интерференции прямого и отраженного лучей в точке приема.

Атмосферная рефракция. Как уже отмечалось, тропосфера представляет собой неоднородную среду. При изменениях температуры, влажности и давления в ней происходят непрерывные движения масс воздуха и влаги. Плотность этих масс различна как по высоте, так и по горизонту. Следовательно, на сколько-нибудь больших расстояниях радиолуч проходит среды различной оптической плотности, характеризующиеся различными коэффициентами преломления. В результате радиолуч отклоняется от прямолинейного направления.

Плавное отклонение радиолуча от прямолинейного распространения в атмосфере называется атмосферной радиорефракцией или просто рефракцией.

Различают положительную и отрицательную рефракции. Первая из них всегда увеличивает дальность распространения радиоволн по сравнению с дальностью геометрической видимости, а вторая — уменьшает.

При положительной рефракции радиолуч изгибается выпуклостью вверх (рис. 33), что собственно и вызывает увеличение дальности распространения волн.

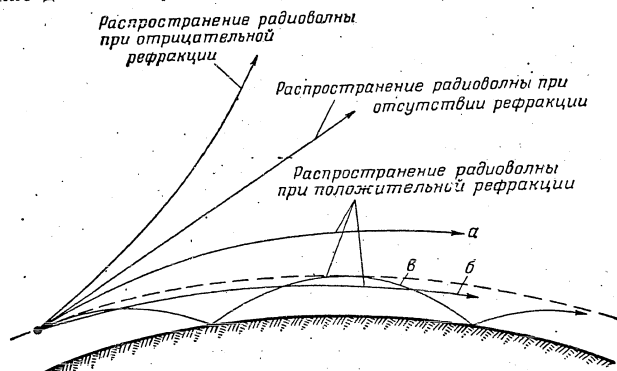


Рис. 33. Распространение радиоволн при различных видах атмосферной рефракции: а — при нормальной рефракции; б — при критической рефракции; в — при сверхрефракции

Такой вид рефракции часто возникает в летний жаркий день, когда земная поверхность и приземный слой воздуха хорошо прогреваются. После захода солнца земная поверхность и нижний слой воздуха быстро остывают, а верхний его слой остается еще нагретым. Поэтому температура воздуха с высотой повышается, а коэффициент преломления резко уменьшается, вследствие чего радиолуч искривляется выпуклостью вверх. Аналогичное явление возникает над водной поверхностью, где влажность воздуха быстро уменьшается и вызывает резкое убывание коэффициента преломления.

На прибрежных трассах обычно наблюдается обратное явление. Там время от времени с моря на сушу поступают холодные и увлажненные массы воздуха, тогда как непосредственно у земной поверхности воздух остается теплым и

более сухим. При этих условиях температура с высотой быстро убывает, а влажность увеличивается. Коэффициент преломления возрастает, в результате чего радиолуч искривляется выпуклостью вниз. Возникает отрицательная атмосферная рефракция, приводящая к удалению радиолуча от земной поверхности, а следовательно, и к уменьшению дальности распространения радиоволн.

Существуют три вида положительной рефракции: нормальная атмосферная рефракция, критическая атмосферная рефракция и сверхрефракция.

Нормальная атмосферная рефракция — наиболее часто встречающийся вид рефракции. Она образуется при таких атмосферных условиях, когда коэффициент преломления воздуха равномерно уменьшается по высоте при подъеме на каждый метр на $4 \cdot 10^{-8}$.

Дальность распространения волн при нормальной рефракции увеличивается примерно на 18% по сравнению с дальностью прямой видимости и подсчитывается по формуле

$$D = 4,12 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (4)$$

где h_1 и h_2 — высоты антенн в м.

Критическая атмосферная рефракция наблюдается редко. Она возникает при таких атмосферных условиях, когда коэффициент преломления убывает по высоте быстрее, чем при нормальной рефракции: он равномерно уменьшается на $15,7 \cdot 10^{-8}$ при подъеме на каждый метр. При этом радиолуч изгибается по кривой, радиус которой примерно равен радиусу Земли. Дальность распространения в таком случае намного больше, чем при нормальной рефракции.

Сверхрефракция возникает при таких условиях, когда коэффициент преломления воздуха уменьшается с ростом высоты еще быстрее, чем при критической рефракции. Одна из разновидностей сверхрефракции — появление так называемых атмосферных волноводных каналов (рис. 33, в), в которых радиоволны распространяются путем последовательного отражения от рефракционной области атмосферы и земной поверхности. Обычно такие условия распространения наиболее благоприятны для дециметровых и сантиметровых волн.

Дальность распространения в условиях сверхрефракции может достигать сотен, а иногда и тысяч (над морем) километров. Наиболее часто сверхрефракция наблюдается в широтах тропиков и субтропиков.

Условия положительной атмосферной рефракции чаще всего возникают в теплое время года при ясной погоде вечером.

Плавное отклонение радиолуча от прямолинейного распространения в атмосфере называется атмосферной радиорефракцией или просто рефракцией.

Различают положительную и отрицательную рефракции. Первая из них всегда увеличивает дальность распространения радиоволны по сравнению с дальностью геометрической видимости, а вторая — уменьшает.

При положительной рефракции радиолуч изгибается выпуклостью вверх (рис. 33), что собственно и вызывает увеличение дальности распространения волн.

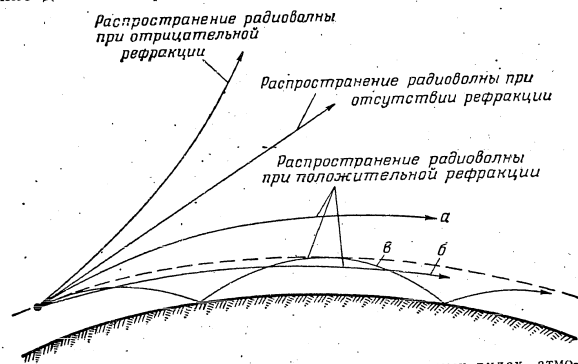


Рис. 33. Распространение радиоволны при различных видах атмосферной рефракции: а — при нормальной рефракции; б — при критической рефракции; в — при сверхрефракции

Такой вид рефракции часто возникает в летний жаркий день, когда земная поверхность и приземный слой воздуха хорошо прогреваются. После захода солнца земная поверхность и нижний слой воздуха быстро остывают, а верхний его слой остается еще нагретым. Поэтому температура воздуха с высотой повышается, а коэффициент преломления резко уменьшается, вследствие чего радиолуч искривляется выпуклостью вверх. Аналогичное явление возникает над водной поверхностью, где влажность воздуха непосредственно у воды высокая, а с подъемом быстро уменьшается и вызывает резкое убывание коэффициента преломления.

На прибрежных трассах обычно наблюдается обратное явление. Там время от времени с моря на сушу поступают холодные и увлажненные массы воздуха, тогда как непосредственно у земной поверхности воздух остается теплым и

более сухим. При этих условиях температура с высотой быстро убывает, а влажность увеличивается. Коэффициент преломления возрастает, в результате чего радиолуч искривляется выпуклостью вниз. Возникает отрицательная атмосферная рефракция, приводящая к удалению радиолуча от земной поверхности, а следовательно, и к уменьшению дальности распространения радиоволн.

Существуют три вида положительной рефракции: нормальная атмосферная рефракция, критическая атмосферная рефракция и сверхрефракция.

Нормальная атмосферная рефракция — наиболее часто встречающийся вид рефракции. Она образуется при таких атмосферных условиях, когда коэффициент преломления воздуха равномерно уменьшается по высоте при подъеме на каждый метр на $4 \cdot 10^{-8}$.

Дальность распространения волн при нормальной рефракции увеличивается примерно на 18% по сравнению с дальностью прямой видимости и подсчитывается по формуле

$$D = 4,12 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (4)$$

где h_1 и h_2 — высоты антенн в м.

Критическая атмосферная рефракция наблюдается редко. Она возникает при таких атмосферных условиях, когда коэффициент преломления убывает по высоте быстрее, чем при нормальной рефракции: он равномерно уменьшается на $15,7 \cdot 10^{-8}$ при подъеме на каждый метр. При этом радиолуч изгибается по кривой, радиус которой примерно равен радиусу Земли. Дальность распространения в таком случае намного больше, чем при нормальной рефракции.

Сверхрефракция возникает при таких условиях, когда коэффициент преломления воздуха уменьшается с ростом высоты еще быстрее, чем при критической рефракции. Одна из разновидностей сверхрефракции — появление так называемых атмосферных волноводных каналов (рис. 33, в), в которых радиоволны распространяются путем последовательного отражения от рефракционной области атмосферы и земной поверхности. Обычно такие условия распространения наиболее благоприятны для дециметровых и сантиметровых волн.

Дальность распространения в условиях сверхрефракции может достигать сотен, а иногда и тысяч (над морем) километров. Наиболее часто сверхрефракция наблюдается в широтах тропиков и субтропиков.

Условия положительной атмосферной рефракции чаще всего возникают в теплое время года при ясной погоде вечером.

Рассеяние ультракоротких волн в атмосфере [54, 59]

Рассеянное отражение радиоволн в тропосфере. Неоднородности тропосферы, образующиеся на высотах 5—10 км в виде небольших объемов с различными физическими свойствами, создают условия рассеянного, или диффузного, отражения радиоволн. Сущность этого явления заключается в следующем.

Распространяющаяся от передатчика волна встречает в верхних слоях тропосферы среду зернистого строения, «зерна» которой соизмеримы с длиной волны. В результате облу-

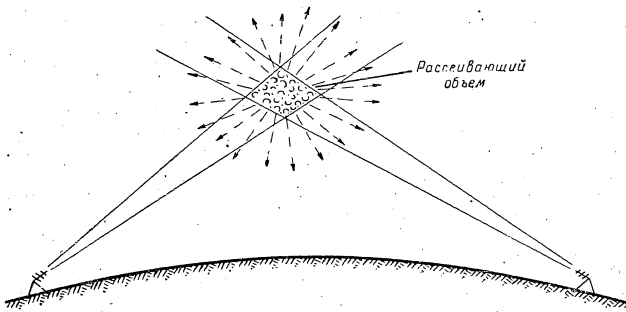


Рис. 34. Примерная схема рассеяния радиоволны

чением волной этих зерен или неоднородностей в них индуцируются высокочастотные токи, а следовательно, и поле той же частоты, что и поле падающей волны. Таким образом, возникает вторичная волна, которую излучает в пространство данная элементарная неоднородность, т. е. первичная падающая волна переизлучается неоднородностью. В целом же рассеивающая область (рис. 34), содержащая большое количество неоднородностей, рассеивает энергию падающих волн во всех направлениях.

За счет тропосферного рассеяния ультракороткие волны распространяются далеко за пределы прямой видимости.

Рассеяние радиоволн в тропосфере происходит подобно тому, как рассеивается свет облаками дыма или каплями воды, размеры которых соизмеримы с длиной волны света. Рассеянная тропосферой энергия радиоволны в какой-то точке пространства составляет менее миллионной доли энергии па-

дающего луча. Вот почему рассеянный сигнал можно использовать только с применением мощных передатчиков, остро направленных антенн и высокой чувствительности приемников.

Рассеяние энергии радиоволн от неоднородностей тропосферы происходит во все стороны, однако рассеянная энергия обладает наибольшей мощностью в направлении хода радиолуча. Поэтому для получения наибольшего сигнала в точке приема необходимо, чтобы направление оси главного лепестка диаграммы направленности приемной антенны пересекало направление луча передающей антенны под возможно меньшим углом. При этом передающие и приемные антенны радиостанций тропосферной связи надо развертывать так, чтобы местные предметы (деревья, высокие строения, возвышенности местности) не препятствовали распространению радиоволн под небольшими углами к горизонту.

Большие изменения силы рассеянного сигнала в точке приема объясняются тем, что сигнал состоит из большого числа радиолучей, каждый из которых приходит от отдельного источника рассеяния, т. е. от неоднородностей тропосферы. Поскольку источники рассеяния находятся в состоянии непрерывного движения, или, как говорят, турбулентности, величина мощности результирующего сигнала изменяется в очень больших пределах, однако сигнал никогда не исчезает полностью. Рассеянный сигнал имеет большую величину мощности летом (примерно в 10—15 раз за счет качества неоднородностей), чем зимой.

Для тропосферной связи может использоваться диапазон частот от 30—40 до 30 000 Мгц, но энергетически более выигрышными являются частоты от 450 до 1000 Мгц. Кроме того, с увеличением рабочей частоты расширяется полоса пропускания, чем обеспечивается большая емкость радиолиний. Однако с повышением частоты увеличиваются потери в тропосфере. Полоса пропускания радиолиний, работающей в дециметровом диапазоне, получается такой, что в ней можно разместить около 100 телефонных каналов связи или один телевизионный канал.

В настоящее время за рубежом для радиолиний тропосферной связи емкостью от 6 до 150 телефонных каналов на дальностях 160—400 км используются передатчики мощностью от 1 до 50 квт, а антенны — диаметром от 3 до 18 м.

В имеющейся в настоящее время аппаратуре тропосферной связи в большинстве случаев применяется частотная модуляция. Однако исследования показывают, что более выгодной является однополосная модуляция. Для повышения устойчивости тропосферной связи применяют пространственно и частотно разнесенный прием, т. е. прием одной и той же информации одновременно на несколько разнесенных по терри-

тории антенн, подключенных к одному приемнику через устройство сложения, или на нескольких частотах.

Применение радиолиний тропосферной связи наиболее целесообразно и необходимо в высоких широтах, где коротковолновая связь из-за сильных возмущений в ионосфере и магнитных бурь работает крайне неустойчиво. Кроме того, линии тропосферной связи могут находить широкое применение в условиях труднодоступной, горной, пустынной, мало обжитой местности; где применение обычной радиорелейной связи затруднительно.

В США и Канаде радиолинии тропосферной связи широко используются для обеспечения связи между радиолокационными станциями. Одна из таких радиолиний развернута на трассе Флорида—Куба на расстоянии 300 км. По ней одновременно передается 36 телефонных каналов. Мощность передатчиков 10 квт. Антенна параболическая квадратная с длиной стороны 18,3 м используется как для передачи, так и для приема. Диапазон частот 692—880 Мгц.

Рассеянное распространение радиоволн в ионосфере. Нижние слои ионосферы на высоте 80—90 км имеют неоднородное строение. Они представляют собой ионизированные облака различной плотности. Размеры неоднородностей составляют 100—200 м, т. е. являются достаточными, чтобы рассеивать метровые волны. Рассеянное распространение радиоволн в ионосфере происходит аналогично рассеянному распространению в тропосфере. Падающая на ионизированный слой волна частично им поглощается, а частично рассеивается им как источником вторичного излучения.

Явление рассеянного распространения ультракоротких волн в ионосфере используется для связи на расстояния от 1000 до 2000 км на частотах 30—70 Мгц.

Рассеянное распространение радиоволн в ионосфере сопровождается очень большими потерями энергии, поэтому при использовании этого явления для радиосвязи необходимо применять передатчики очень большой мощности, остронаправленные антенны и приемники повышенной чувствительности. Ионосферная связь по сравнению с тропосферной является узкополосной. Полоса эффективно передаваемых частот обычно не превышает 10 кгц. Поэтому радиолинии ионосферной связи являются малоканальными. Они обычно рассчитываются на 1—2 телефонных канала или 6—8 телеграфных каналов связи. Для расширения полосы передаваемых частот необходимо применять передающие устройства огромных мощностей — несколько сот киловатт — и антенны диаметром в несколько десятков метров.

На существующих линиях магистральной связи, использующей рассеянное распространение УКВ, обычно применяют

ся радиолинии как тропосферной, так и ионосферной связи. Так, например, линия связи Вашингтон (США) — Оксфорд (Англия), проходящая через Гуз-бей (Лабрадор, Канада), Зондерштрот (Гренландия) и Рейкьявик (Исландия), имеет участки с применением тропосферной и ионосферной связи.

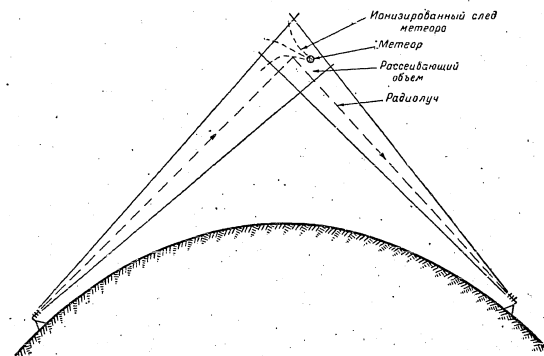


Рис. 35. Схема радиосвязи с использованием рассеяния от ионизированных следов метеоров

Отражение радиоволн от ионизированных метеорных следов. Метод дальней связи, основанный на принципе отражения метровых волн от ионизированных следов метеоров, является наиболее интересным и весьма перспективным. Этот метод может обеспечить телефонную, телеграфную и фото-телеграфную радиосвязь на расстояния от 1000 до 1600 и даже до 2300 км при относительно небольших мощностях передающих устройств и несложных антеннах. При этом схема радиосвязи выглядит следующим образом (рис. 35). Из космического пространства в земную атмосферу непрерывно влетает огромное количество метеоров. Пролетая на больших скоростях, они нагреваются и сгорают, оставляя на своем пути след ионизированных частиц и электронов длиной до 100 км. Таких ионизированных следов образуется так много, что возникают ионизированные облака, которые вследствие рассеяния и рекомбинации частиц быстро исчезают. Ионизированные следы метеоров, возникающие на высоте 90—110 км от поверхности земли, сохраняют свои отражательные свойства в течение от сотых долей секунды до нескольких секунд. Количество метеорных следов, которые могут быть использо-

ваны для УКВ связи, изменяется в зависимости от времени суток и года. Примерно в 6 ч утра наблюдается максимальное количество таких следов. В сентябре наблюдается наибольшее количество метеорных следов, а в марте — наименьшее.

Метеорная связь имеет следующие преимущества перед ионосферной связью. Она обеспечивает более высокую скрытность передачи сигналов связи, поскольку отраженные от ионизированных следов метеоров волны можно принимать только в одном районе и на меньшей площади, чем при ионосферной связи. Это затрудняет возможности радиоперехвата и создание преднамеренных помех радиоприему.

Метеорная связь при небольших мощностях излучения позволяет передавать полосу частот до 20 кГц, а при мощностях, сравнимых с мощностями ионосферных радиолиний, — до 100—200 кГц, что дает возможность иметь значительно большее число телефонных каналов и передач, требующих широкой полосы, например при быстродействующей радиосвязи.

Она не подвержена воздействию атмосферных и космических помех (северные сияния, магнитные бури и т. д.), что позволяет применять ее в любом районе земного шара.

Антенны станций метеорной связи требуют такого же направления, как и антенны станций тропосферной и ионосферной связи, т. е. под малым углом к линии горизонта.

Особенность метеорной связи заключается в том, что она осуществляется не непрерывно, а отдельными, быстрыми «очередями» (сеансами), т. е. только в моменты времени, когда в объеме пересечения диаграмм направленности антенн корреспондирующих станций появляется ионизированный след.

Установлено, что в объеме пересечения диаграмм направленности антенн за каждую минуту появляется 2—3 ионизированных следа с длительностью существования в течение 1 сек. Отсюда следует, что рабочий цикл аппаратуры метеорной связи не превышает 3 сек в минуту. Это составляет около 5% всего времени работы аппаратуры. Поэтому при метеорной связи необходимо обмен вести методом быстродействия со скоростью в несколько тысяч слов в минуту.

Принцип работы радиолинии метеорной связи заключается в следующем (рис. 36).

Передачики обеих станций непрерывно излучают колебания несущих частот в диапазоне 30—50 МГц. Частоты передачи и приема разнесены на 1 МГц. Приемники настроены на несущие частоты передатчиков и принимают колебания этих частот всякий раз, как только их сила будет возрастать при появлении ионизированного следа, образованного пролетающим метеором, в объеме пересечения диаграмм направленности антенн корреспондирующих между собой станций. Необходимый уровень сигнала несущей частоты определяется управля-

ющим устройством. При достижении нужного превышения сигнала над шумами открывается модулятор передатчика, сосредоточенная в накопителе информация поступает на модулятор и с очень большой скоростью передается путем модулирования колебаний несущей частоты. Процесс передачи длится до тех пор, пока отношение сигнала к шуму не станет меньше определенного значения, что определяется временем существования ионизированного метеорного следа. В приемнике второй станции принимаемые сигналы демодулируются и выделенная информация сначала накапливается в накопителе приемника, а затем поступает на выходное устройство приемника, где и воспроизводится с нормальной скоростью.

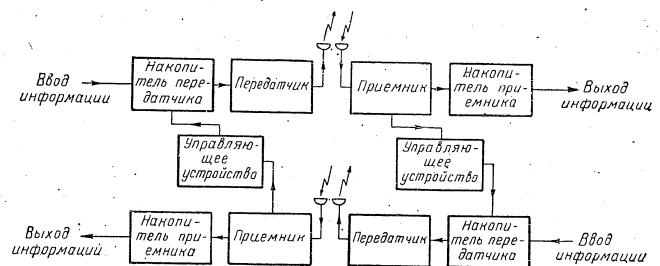


Рис. 36. Блок-схема радиолинии метеорной связи

Наиболее сложным элементом данной системы является управляющее устройство, в задачу которого входит не только своевременно открывать и закрывать модулятор передатчика, но и опознавать свою радиостанцию. Опознавание своей радиостанции (несущей частоты) может осуществляться либо путем послышки передающей станцией специального кода перед началом каждого сигнала передачи, либо путем передачи дополнительного сигнала, непрерывно модулирующего несущую частоту.

Для приема и передачи используются раздельные антенны, каждая из которых состоит из четырех-, пятиэлементных излучателей типа волновой канал.

Мощность передатчика 0,5—1 кВт. Передаваемая полоса 30—4000 гц. Приемник супергетеродинного типа с шириной полосы по промежуточной частоте 3 кГц. Стабилизация частоты передатчика и приемника кварцевая.

Метеорной связи в настоящее время придается большое значение.

ПОМЕХИ РАДИОПРИЕМУ

Помехи радиоприему подразделяются на атмосферные, местные, промышленные, взаимные (или станционные) и преднамеренные.

Атмосферные помехи создаются электрическими разрядами в атмосфере. Основным источником таких помех служат грозы, особенно местные; помехи от дальних гроз слабее. Грозовые помехи весьма сильно сказываются на длинных и средних волнах, менее заметно на коротких, еще меньше на метровых и практически не сказываются на дециметровых и сантиметровых волнах. Летом они действуют сильнее, чем зимой, ночью сильнее, чем днем, в экваториальных широтах сильнее, чем в средних и полярных.

В полярных широтах в зимнее время сильно действуют помехи, вызываемые пургой. Они создают большие шумы на выходе приемника, затрудняющие прием даже сильных радиосигналов. Аналогичные помехи создаются в периоды песчаных бурь в пустынных и степных районах.

С целью защиты радиосвязи от атмосферных помех рекомендуется работать на более коротких волнах, использовать антенны направленного действия, вести радиообмен в узкой полосе частот, переходить с радиотелефона на радиотелеграф и применять более помехозащищенную радиоаппаратуру.

Промышленные помехи создаются местными электрическими приборами, работа которых сопровождается резкими изменениями тока, замыканиями и размыканиями электрических цепей. Под влиянием этих помех на выходе приемника появляются треск и шумы, забивающие полезные радиосигналы. Для защиты радиосвязи от промышленных помех необходимо удалять радиоприемники от электрических агрегатов, создающих помехи; подавлять помехи с помощью фильтров и экранов в месте их возникновения; следить за правильностью прокладки соединительных линий, идущих к приемнику; тщательно заземлять корпус приемников.

Коротковолновой радиосвязи свойственны замирания сигналов, характеризующиеся беспорядочными изменениями напряженности поля в месте приема. Замирания возникают при работе пространственными волнами вследствие прихода в точку приема двух или нескольких отраженных от ионосферы радиолучей с разными фазами. Методы борьбы с замираниями — двоякий: пространственно и частотно разнесенный прием, применение антенны направленного действия и более мощных передатчиков.

Взаимные, или станционные, помехи создаются радиостанциями, частоты которых совпадают с частотой принимаемого сигнала или близки к ней. Они могут также

возникать в результате комбинаций гармонических составляющих частот различных радиостанций. Уровень взаимных помех особенно велик ночью, когда к помехам, создаваемым близко расположенными радиостанциями, добавляются помехи от дальних радиостанций. Такие помехи существенно сокращают дальность действия коротковолновых радиостанций малой мощности.

Интенсивность взаимных помех будет возрастать в наступательных операциях ввиду широкого использования радиосвязи во всех звеньях управления и большой плотности радиосредств в полосе наступления. Для защиты радиосвязи от взаимных помех рекомендуется рационально распределять рабочие частоты между радионаправлениями и радиосетями, пользоваться запасными частотами, правильно взаимно располагать радиостанции на местности, работать строго на отведенных частотах, грамотно использовать антенны направленного действия поверхностных и пространственных волн, работать минимальными мощностями и в узкой полосе частот, не вести длительных передач, следить за точностью частоты своих передатчиков.

Преднамеренные радиопомехи создаются противником с целью ограничения или полного подавления радиосвязи.

При организации радиосвязи необходимо учитывать возможность создания противником преднамеренных радиопомех и предусматривать организационные и технические меры борьбы с этими помехами.

ГЛАВА IV

РОЛЬ РАДИОСВЯЗИ В СОВРЕМЕННОМ БОЮ. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАДИОСВЯЗИ И СПОСОБЫ ЕЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Совершенствование различного вида вооружения и связанное с ним повышение маневренности и подвижности войск предъявляют все новые и новые требования к связи как основному средству управления войсками. Эти требования вытекают из тех задач, которые решаются при управлении войсками в современном бою. Важнейшие из них — бесперебойность, надежность и непрерывность управления в любых сложных условиях боевой обстановки.

В настоящее время в связи с полной механизацией наземных войск, ростом скоростей самолетов и темпов операций основным требованием к средствам управления является обеспечение немедленной передачи сведений об обстановке на поле боя, о положении своих войск и противника. Связь между командирами на больших расстояниях должна быть непрерывной не только на стоянке, но и в движении.

В такой же мере предъявляется требование и к связи командиров со штабами. Возрастает значение организации и работы связи между взаимодействующими частями и подразделениями.

Чем больше потребуется от войск подвижности, рассредоточенности и стремительности во время выполнения боевых задач, тем больше необходимость в такой связи, которая обладала бы большой дальностью и быстрой готовностью к действию.

Из всех существующих технических средств связи наиболее полно удовлетворяют перечисленным требованиям радиосредства, при помощи которых организуются различные виды беспроводной электрической связи — радиосвязь, радиорелейная связь и другие виды связи.

РАДИОСВЯЗЬ

Радиосвязь — самое надежное и гибкое средство управления войсками. Ее основные преимущества перед другими средствами связи — быстродействие, возможность связи в движении, связь через любую территорию, в том числе и занятую противником, а также с корреспондентами, местонахождение которых неизвестно.

По сравнению с проводной связью радиосвязь меньше подвержена повреждениям от средств поражения противника и требует меньше обслуживающего персонала.

К недостаткам радиосвязи относится возможность перехвата радиопередач, радиопомехи и пеленгование. Это накладывает ограничения на использование радиосвязи, заставляет принимать меры к ее засекречиванию и применять в тех случаях, когда это возможно, другие средства связи. Можно, однако, отметить, что перехват радиопередач в тактическом звене в самом ходе боя в связи с его скоротечностью дает противнику малоценные, устаревшие сведения.

Радиопомехи могут оказаться большим препятствием для радиосвязи. Однако, используя антенны с острой характеристикой направленности и другие методы, можно надежно защитить радиосвязь и от помех.

При управлении боем в тактическом звене командир часто лично ведет переговоры со своей радиостанцией, что требует хорошего знания вопросов организации связи и работы на радиостанциях.

Хорошо зная возможности радиосвязи и умело используя их, можно всегда добиться бесперебойной и устойчивой связи в любых условиях боевой обстановки.

Радиосвязь можно классифицировать по диапазонам используемых радиоволн, способам и видам работы.

По диапазонам используемых радиоволн в сухопутных войсках применяется ультракоротковолновая, коротковолновая и средневолновая связь. Особенно широкое применение получила ультракоротковолновая и коротковолновая связь благодаря особенностям распространения и преимуществам ультракоротких и коротких волн, описанным в предыдущей главе.

Ультракоротковолновая радиосвязь может осуществляться рядом преимуществ перед коротковолновой. Она устойчива в различное время суток и года, более свободна от различных видов помех и находит поэтому все большее применение в войсках, преимущественно в тактическом звене.

Ультракоротковолновая радиосвязь может осуществляться на расстоянии до 40—50 км при использовании поверхностной волны, до нескольких сот километров — за счет тропосферного рассеяния волн и до 1500—2000 км — за счет ионосферного рассеяния радиоволн и отражения от ионизи-

рованных следов метеоров. При этом зона действия поверхностной волны перекрывается зоной действия волны, отраженной от неоднородностей тропосферы, вследствие чего зоны молчания не наблюдаются. Однако между зонами действия тропосферной и ионосферной волн радиоприем значительно ослаблен.

Влияние взаимных помех между одновременно работающими ультракоротковолновыми радиостанциями много слабее, чем на коротких волнах, из-за ограниченной дальности распространения волн и использования антенн направленного действия. По тем же причинам связь на ультракоротких волнах труднее перехватить, подслушать или забыть.

Ультракоротковолновые радиостанции выполняются в переносном, автомобильном и стационарном вариантах. Переносные радиостанции характеризуются компактностью, малыми габаритами и небольшим весом.

Коротковолновая радиосвязь широко распространена во всех видах вооруженных сил. Основное назначение коротковолновой связи — это связь отраженным лучом на большие расстояния (свыше 100 км, а с помощью передатчиков большой мощности — на расстояния в несколько тысяч километров).

Коротковолновая связь пространственной волной существенно зависит от времени суток и года. Она подвержена промышленным, атмосферным и станционным помехам. Поэтому для уверенной радиосвязи на коротких волнах необходимо учитывать данные специальных радиопрогнозов и выбирать рабочие частоты в соответствии с суточным и сезонным прохождением волн в конкретных географических районах и на трассах связи.

Коротковолновую радиосвязь легче, чем связь на других диапазонах, перехватить и забыть помехами (вследствие большей дальности распространения). Коротковолновые радиостанции бывают переносные, автомобильные и стационарные. Их мощность составляет от единиц и десятков ватт (переносные и легкие автомобильные радиостанции) до нескольких десятков киловатт (тяжелые автомобильные и стационарные радиостанции).

По видам работы радиосвязь подразделяется на радиотелефонную, радиотелеграфную и радиотелетелеграфную.

При радиотелефонной связи несущие (высокочастотные) колебания передатчика модулируются напряжением звуковой частоты, источником которого служит микрофон, преобразующий звуковое давление, создаваемое голосом, в электрические колебания звуковой частоты. Средства радиотелефонной связи могут быть с амплитудной или частотной модуляцией.

Радиотелефонная связь применяется для передачи и приема сигналов, команд, приказаний, распоряжений и для личных переговоров командиров и офицеров штабов. Она наиболее проста и удобна для управления боевыми действиями пехоты, артиллерии, бронетанковых войсках, а также в авиации.

Недостатки радиотелефонной связи заключаются в том, что ее легко перехватить и раскрыть содержание переговоров, поэтому при переговорах требуется строгое соблюдение правил скрытного управления войсками. Кроме того, при телефонном режиме работы радиостанции уменьшается мощность излучения и, следовательно, сокращается дальность связи. Для передачи и приема радиотелефонных сигналов требуется сравнительно широкая полоса канала, что ухудшает помехозащищенность аппаратуры, уменьшает чувствительность приемника и сокращает дальность связи.

Радиотелеграфная связь представляет собой передачу и прием по радио кодовых сигналов, состоящих из определенного сочетания электрических посылок различной длительности, обозначающих буквы или цифры. Существуют два способа радиотелеграфной работы: передача ключом (от руки) и прием на слух с помощью телефонов (слуховая радиотелеграфная связь) или же передача и прием с применением автоматической аппаратуры буквопечатания.

При радиотелеграфной работе колебания несущей частоты передатчика манипулируются телеграфными знаками. Существуют два основных метода телеграфной манипуляции: амплитудная и частотная. Первая чаще применяется при ручной работе ключом и приеме на слух, вторая — при буквопечатательной работе. Радиотелеграфная связь является более помехозащищенной по сравнению с телефонной, так как она не требует широкой полосы канала. При телеграфной работе более эффективно используется мощность передатчика и повышается чувствительность приемника. Все это повышает дальность радиотелеграфной связи при обычной амплитудной манипуляции примерно вдвое по сравнению с радиотелефонной.

Радиотелеграфная связь с применением автоматической аппаратуры имеет и высокую пропускную способность. Она используется для передачи и приема текстовых документов (боевых приказов, письменных распоряжений и донесений), а также для ведения переговоров командиров и офицеров штабов.

Основное применение радиотелеграфная связь находит в оперативных звеньях управления всех видов вооруженных сил.

Радиофототелеграфной связью называют передачу и прием по радио неподвижных изображений. Этот вид связи позволяет значительно ускорить доведение до адресатов подлинных документов — карт с нанесенной обстановкой или решением, схем, чертежей, рисунков, рукописей, фотографий и других графических материалов, передача которых обычным методом требует много времени, а иногда вообще невозможна. При радиофототелеграфной связи исключаются субъективные ошибки, характерные для других видов связи. Недостаток этого вида связи заключается в трудности засекречивания передач.

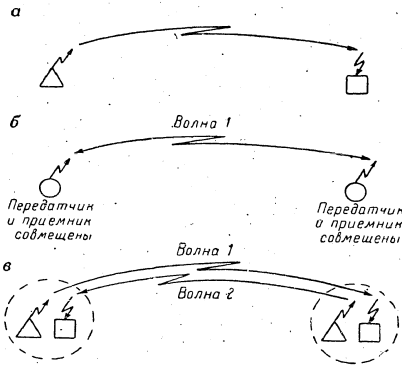


Рис. 37. Связь по радионаправлению:
а — односторонняя; б — двухсторонняя симплексная; в — двухсторонняя дуплексная

Всякая радиосвязь может быть односторонней (рис. 37, а), когда передача ведется только в одном направлении, или двухсторонней, когда происходит взаимный радиообмен. Двухсторонняя радиосвязь по способу обмена может быть симплексной или дуплексной.

При симплексной радиосвязи (рис. 37, б) корреспонденты работают на передачу поочередно: если первый передает, то второй только принимает, и наоборот. Она может вестись либо на одной, либо на двух волнах. При работе на одной волне принимающая станция вынуждена ждать, пока передающая не закончит всю передачу и не перейдет на прием; лишь после этого она может попросить передающую станцию повторить ту или иную часть неуверенно принятого текста. Иначе говоря, один корреспондент не может «пере-

бить» (приостановить) передачу другого. Поэтому такой режим работы часто называют симплексом без перебоев. При работе на двух волнах приемная станция может перебить передающую, поэтому такой режим часто называют симплексом с перебоем.

При дуплексной радиосвязи оба корреспондента одновременно работают на передачу и прием на двух волнах (рис. 37, в).

Иногда применяют понятие «полудуплексная радиосвязь», под которым понимают такой метод радиосвязи, когда с приема на передачу и обратно переходят нажатием и отжатием клапана микрофонной трубки (или переключением тумблера на панели управления). Полудуплексная радиосвязь

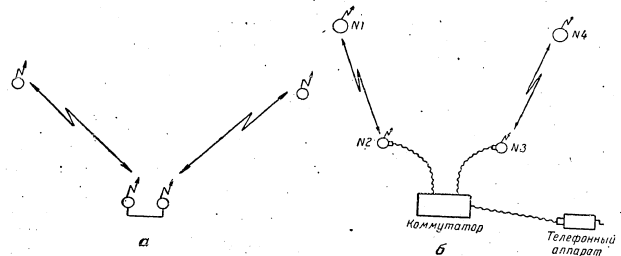


Рис. 38. Переприем и ретрансляция:
а — переприем; б — ретрансляция

чаще всего применяется при радиотелефонных переговорах и осуществляется, как правило, на одной волне с использованием УКВ радиостанций тактического звена управления.

Радиосвязь между корреспондентами (радиостанциями) может поддерживаться как непосредственно, так и через промежуточные станции, работающие в качестве переприемных или в качестве ретрансляционных. При переприеме принятое сообщение передается дальше обычным порядком. При ретрансляции принимаемое для передачи сообщение с выхода приемника автоматически подается на вход передатчика (рис. 38).

Переприем и ретрансляция могут быть как односторонними, так и двухсторонними. В последнем случае количество средств на промежуточной станции должно быть вдвое больше.

Радиосвязь через промежуточные станции применяется с целью перекрытия больших расстояний или как метод борьбы с перехватом и преднамеренными помехами противника.

Во всех случаях радиосвязь может быть или направленной, т. е. с преимущественным излучением радиоволн в одном направлении, или ненаправленной, т. е. с равномерным излучением радиоволн во всех направлениях. Направленность достигается применением антенн направленного действия при передаче и приеме.

СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАДИОСВЯЗИ

Организация четкой, бесперебойной радиосвязи, обеспечивающей общевойсковым командирам управление войсками, частями и подразделениями во взаимодействии с другими родами войск в различных формах современного боя, представляет собой весьма сложную организационно-техническую задачу.

В планировании и организации радиосвязи требуется большое искусство. Формы организации радиосвязи задаются требованиями тактики и определяются техническими возможностями.

Радиосвязь организуется двумя основными способами: по радионаправлению и по радиосети.

Радионаправлением называется способ организации радиосвязи, при котором связь (обмен) осуществляется только между двумя радиостанциями на выделенных им радиоданных (рабочие частоты, позывные, пароли).

Связь по радионаправлению надежна и оперативна, так как при ней достигаются быстрое установление связи, большая пропускная способность радиолинии, особенно при дуплексном методе работы, повышенная устойчивость связи благодаря применению направленных антенн и выбору оптимальных рабочих частот. Кроме того, связь по радионаправлению легче замаскировать и защитить от перехвата и преднамеренных помех противника. Недостаток описанного способа радиосвязи — потребность в большом количестве радиосредств. Поэтому такой способ применяется преимущественно на ответственных направлениях и там, где это требуется по обстановке.

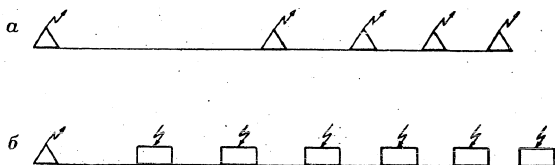


Рис. 39. Связь по радиосети:

а — радиосеть командира (штаба); б — радиосеть оповещения (воздушной разведки)

Радиосетью (рис. 39) называется способ организации радиосвязи, при котором связь (обмен) осуществляется между тремя и более радиостанциями на выделенных им радиоданных. Число радиостанций в радиосети зависит от ее назначения и конкретных условий работы.

Сети бывают управляемые, когда радиосвязь ведет главная радиостанция с подчиненными (последние могут устанавливать связь друг с другом только с разрешения главной радиостанции), и неуправляемые, когда любая радиостанция сети может устанавливать связь с другой любой станцией.

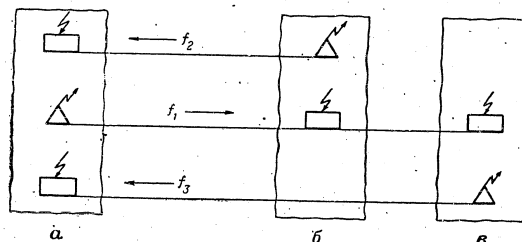


Рис. 40. Комбинированная радиосеть:

а — пункт управления старшего начальника; б, в — пункты управления подчиненных

При организации радиосвязи по радиосети требуется меньший расход радиосредств, а также обеспечивается возможность циркулярных радиопередач. Однако при этом уменьшается надежность связи и ухудшаются условия радиомаскировки. Основные виды работы в радиосетях — «симплекс без перебора» и «симплекс с перебором».

В радионаправлении и радиосети назначаются главные радиостанции, на которые возлагаются поддержание радиодисциплины и определение порядка работы.

В зависимости от количества радиосредств на пунктах управления и наличия выделенных для них частот могут создаваться комбинированные радиосети, например в армии США, в которых старшая радиостанция ведет передачу для подчиненных радиостанций на частоте своего передатчика, а принимает от них на частотах их передатчиков (рис. 40). В этом случае старшая радиостанция передачу ведет по радиосети, а прием — по радионаправлению.

При организации радиосвязи необходимо серьезное внимание обращать на своевременное обеспечение всех радиостанций рабочими частотами, позывными, паролями,

ключами к кодовым таблицам, а также расписанием работ. Работа на произвольных радиоданных не разрешается. Радиоданные разрабатываются по распоряжению старшего начальника. Способы их разработки, порядок выдачи и пользование ими устанавливаются специальными наставлениями и инструкциями.

Основное условие бесперебойности радиосвязи — правильный выбор рабочих частот для радионаправлений и радиосетей. При назначении рабочих частот необходимо учитывать дальность радиосвязи, загрузку диапазона посторонними радиостанциями, условия распространения радиоволн, возможность взаимных помех от своих радиостанций. Для связи на коротких волнах нужно назначать несколько запасных частот.

Работа радиостанций на передачу, особенно в коротковолновом диапазоне, должна быть строго регламентирована. Не рекомендуется прибегать к радиосвязи, если есть возможность эффективного использования других средств связи.

Эффективному использованию средств радиосвязи на пунктах управления способствует применение методов дистанционного управления, радиоконмутация и радиоретрансляция.

Дистанционное управление. Управлять радиостанцией можно как непосредственно, так и на расстоянии с помощью вынесенного телефонного аппарата, соединенного с ней двухпроводным полевым кабелем длиной 0,5—2 км, используя дополнительные приспособления (рис. 41).

Переключение радиостанции с приема на передачу в таком случае осуществляется непосредственно с телефонного аппарата. Для связи между пунктом управления и радиостанцией последняя используется как телефонный аппарат с фоническим вызовом. Дальность действия радиостанции при дистанционном управлении не уменьшается.

Метод дистанционного управления обеспечивает рассредоточенное расположение радиостанций на пункте управления, благодаря чему уменьшаются взаимные помехи между одновременно работающими радиостанциями, увеличивается число используемых рабочих частот и уменьшается вероятность одновременного вывода из строя большого числа радиостанций от одного и того же взрыва снаряда, бомбы и т. д. Кроме того, имеется возможность развертывания радиостанции на выгодном для радиосвязи месте.

Используя дистанционное управление, командир может со своего рабочего места на пункте управления (блиндаж, палатка) вести переговоры по радио, не расходуя время на посещение радиостанции.

Применение дистанционного управления, таким образом, расширяет возможности радиосвязи, повышает эффективность

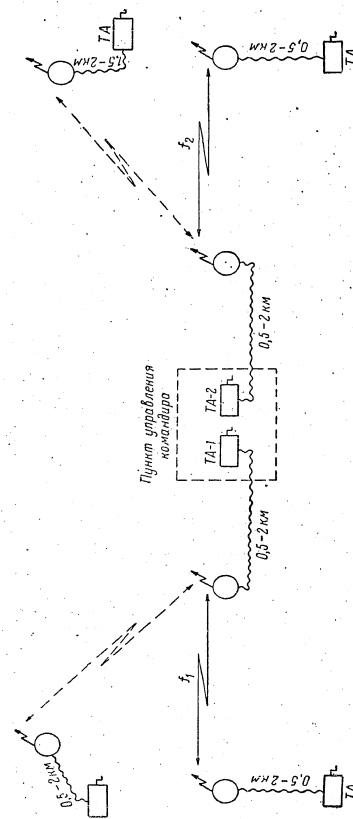


Рис. 41. Схема радиосвязи с использованием дистанционного управления радиостанциями

требования к специальной подготовке радистов и командиров. Должна твердо соблюдаться дисциплина радиопереговоров. Радиообмен должен вестись с применением кодированных карт, таблиц позывных командиров, переговорных таблиц, а также правил станционно-эксплуатационной службы.

Средства радиосвязи на пунктах управления объединений, соединений и отдельных частей организуются в радиогруппы, радиоцентры или радиоузлы. Радиостанции располагаются рассредоточенно, на некотором расстоянии от штаба.

Радиогруппой называют такое организационно-техническое объединение средств радиосвязи, при котором радиостанции работают автономно (раздельно), т. е. независимо друг от друга, в радионаправлениях или радиосетях. При этом радиостанции могут использоваться либо обособленно, когда радиообмен ведется непосредственно с радиостанцией, либо централизованно, когда радиостанции подключаются к коммутационным устройствам. В последнем случае переключение радиостанций с передачи на прием производится дистанционно по проводным линиям. Это дает возможность выносить станции за пределы пункта управления, что улучшает условия маскировки штаба, позволяет ретранслировать передачи с одной радиосети (радионаправления) в другую, чем достигается радиообмен между станциями с различными диапазонами, взаимодействие командиров и штабов различных родов войск.

Радиоцентром (радиоузлом) называют такое организационно-техническое объединение средств радиосвязи, при котором отдельно располагаются передатчики или радиостанции, работающие только на передачу (передающий радиоцентр, рис. 44), и отдельно приемники (приемный радиоцентр). Средства радиосвязи передающих и приемных радиоцентров используются совместно, т. е. управление передатчиками производится из приемного центра.

Радиоцентры бывают полевые и стационарные.

Условия размещения средств радиосвязи существенно влияют на дальность их действия и бесперебойность работы. Располагая радиостанции на пункте управления, необходимо учитывать зависимость радиосвязи от рельефа местности, окружающих предметов, взаимного влияния радиостанций друг на друга и от промышленных помех.

Радиостанции не следует размещать в населенных пунктах. Если же такое размещение неизбежно, станции надо устанавливать вдали от больших каменных и железобетонных сооружений. В крупных населенных пунктах радиостанции рекомендуется размещать на пустырях или площадках с открытым пространством в стороны корреспондентов, а ультракоротковолновые радиостанции ставить на крышах, чердаках

или в верхних этажах зданий, используя лучевые антенны. При размещении ультракоротковолновых радиостанций в лесу необходимо вести передачу и прием на горизонтальную антенну — симметричный вибратор. При радиосвязи в горных условиях или на сильно пересеченной местности радиостанции желательно располагать на больших высотах или на скатах высот, обращенных в сторону корреспондента.

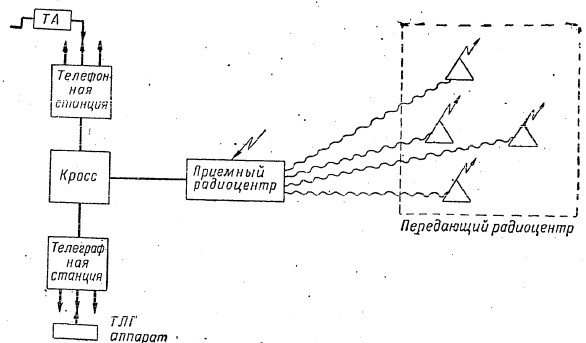


Рис. 44. Радиоцентр

Особые задачи возлагаются на радиосвязь при перемещении пунктов управления. Для бесперебойности связи радиосредства перемещают не все сразу, а поэшелонно. При необходимости перемещения всех радиостанций вместе со штабом и офицерами пункта управления радиосвязь поддерживают в движении с помощью автомобильных радиостанций, а также с помощью переносных станций, устанавливаемых на транспортные средства. Основной вид связи в движении — радиотелефон, а радиотелеграф используется только на прием. Для связи в движении, особенно в ночное время, наиболее целесообразно использовать ультракоротковолновые радиостанции. Для увеличения дальности радиосвязи при этом используются подвижные ретрансляционные пункты.

Некоторые примеры организации радиосвязи из опыта второй мировой войны. Основные принципы и схемы организации радиосвязи зависят от тактических форм боя, а также применяемой техники и меняются с их изменениями.

Здесь в качестве примеров можно привести ряд положений и схем радиосвязи, использовавшихся во время второй мировой войны. Так, в ходе войны была выявлена целесообразность иметь старшим войсковым начальникам личные радиостанции, с помощью которых они могли входить в любые радиосети при выездах в войска, устанавливать радиосвязь через инстанцию. Большое искусство требовалось для организации четкой связи взаимодействия частей и подразделений различных родов войск в ходе боя.

Взаимодействие пехоты с танками непосредственной поддержки пехоты (НПП) достигалось вхождением в радиосети танков с помощью радиостанций пехотных командиров или выделением от танковой части офицера связи с танком, радиостанция которого была настроена на волну радиостанций танков.

Связь пехоты с артиллерией в основном поддерживалась личным общением пехотных и артиллерийских командиров, например командира стрелкового полка и командира полковой артиллерийской группы (ПАГ), командира батальона (роты) и командира дивизиона (батареи) или его передового наблюдателя, нахождением артиллерийских командиров на наблюдательных пунктах пехотных командиров. В тех случаях, когда личного общения установить не удавалось, связь пехоты с артиллерией поддерживалась по радио на общих основаниях.

Взаимодействие танков НПП с артиллерией представляет весьма трудную задачу. Приведем один из применявшихся примеров такого взаимодействия.

На командно-наблюдательном пункте командира полковой артиллерийской группы выделялась радиостанция или приемник, которые включались в радиосеть командира танков непосредственной поддержки и принимали все сигналы танков о поддержке их артиллерийским огнем. Помимо этого, в боевых порядках танков находился артиллерийский наблюдатель, радиостанция которого включалась в радиосеть командира артиллерийского дивизиона, поддерживавшего стрелковый батальон и взаимодействовавшие с ним танки. Наблюдая за ходом боя, артиллерийский наблюдатель давал сигналы о переносе огня, вызывал огонь артиллерии и корректировал его.

Общие сигналы взаимодействия, к которым относились сигналы атаки, вызова, переноса и прекращения огня, устанавливались командиром стрелковой дивизии.

Большие трудности возникали при осуществлении связи взаимодействия в тактическом звене с авиацией в воздухе.

В американской армии использовались два метода. По

первому методу наземные радиостанции взаимодействия устанавливались на самолетах, предназначенных для поддержки сухопутных войск, и работали в сети взаимодействия.

По второму, более новому методу наземные войска снабжались специальными радиостанциями взаимодействия с авиацией. Для этого использовались ультракоротковолновые радиостанции с диапазоном 225—400 Мгц, в котором работает

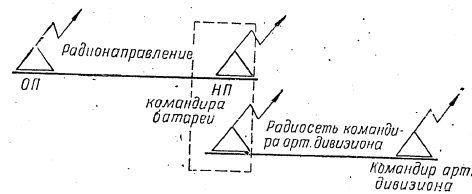


Рис. 45. Схема радиосвязи командира артиллерийской батареи

авиация. Радиостанции обеспечивали двустороннюю телефонную связь на расстоянии до 200 км с самолетами, летевшими на высоте 3000 м.

Связь взаимодействия между общевойсковыми штабами и авиационными соединениями поддерживалась при помощи наземных коротковолновых радиостанций на выделенных для этих целей волнах.

Ниже в качестве примеров приведены некоторые схемы организации радиосвязи, применявшиеся во время второй мировой войны в различных подразделениях, частях и соединениях.

Типовая схема организации радиосвязи в артиллерийской батарее представлена на рис. 45.

По этой схеме командир батареи при наличии на его наблюдательном пункте двух радиостанций с помощью одной из них входил в радиосеть командира артиллерийского дивизиона, а с помощью другой управлял огнем своей батареи на огневой позиции.

При наличии еще одной радиостанции последняя использовалась в сети командира батареи на дополнительном наблюдательном пункте или для связи с пехотой.

На рис. 46 дана схема радиосвязи пехотного батальона, которая использовалась в американской армии во время второй мировой войны.

По этой схеме командир батальона поддерживал связь вверх в радиосети командира полка на коротковолновой ра-

диостанции SCR-284. Связь с командирами рот поддерживалась по сети командира батальона. В эту радиосеть входили радиостанции командиров пехотных и пулеметных рот и радиостанция командира пехотного батальона на его наблюдательном пункте; последняя держала связь также с радиостанцией танкового батальона. В этой радиосети использовались ранцевые ультракоротковолновые радиостанции SCR-300. В ротных радиосетях использовались легкие ручные коротковолновые радиостанции SCR-536.

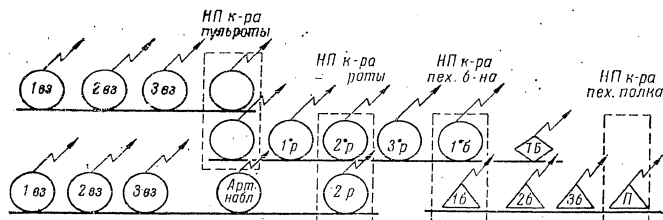


Рис. 46. Схема радиосвязи пехотного батальона армии США

На рис. 47 представлена примерная схема организации радиосвязи немецкой танковой дивизии, в основном построенная по принципу управляемых радиосетей («звезда»).

Исходным документом для организации такой радиосвязи был план радиосвязи, составленный штабом дивизии на основании данных вышестоящего штаба. План радиосвязи регламентировал диапазоны волн, используемые частями, указывал для их радиостанций позывные. В средневолновом диапазоне осуществлялась связь штаба дивизии с вышестоящим штабом, с соседями, с разведывательным отрядом дивизии и разведывательными дозорами. Коротковолновый диапазон использовался для связи штаба дивизии с подчиненными частями. В ультракоротковолновом диапазоне работали сети танковых полков и батальонов. В этом же диапазоне осуществлялась связь с авиацией.

Радиосвязь по направлению осуществлялась с танками и артиллерийскими полками, разведывательным отрядом и т. д.

Помимо этих сетей, на случай марша дивизии планом радиосвязи предусматривалась отдельная маршевая сеть. В нее входили радиостанции командира дивизии, начальников маршевых колонн и оперативного отдела штаба дивизии. На командном пункте штаба дивизии развертывался узел связи, состоявший из телефонного узла и радиоузлов.

Радиоузел, имевший до 20 различных приемно-переда-

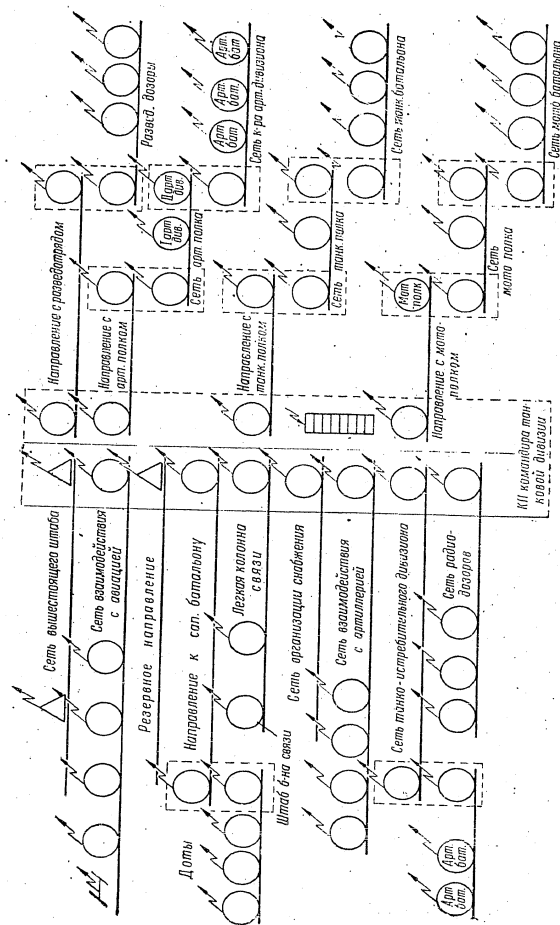


Рис. 47. Схема радиосвязи танковой дивизии немецкой армии

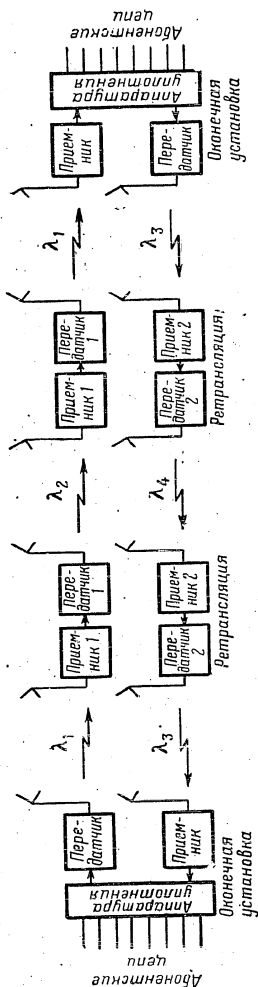


Рис. 48. Схема радиорелейной линии с двумя ретрансляциями

ющих станций, обеспечивал радиосвязь вниз, вверх, связь взаимодействия с артиллерией и авиацией, связь с органами дивизионного снабжения, прием метеосводок, армейского и корпусного вещания и т. д.

РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СВЯЗЬ

Радиорелейная связь является разновидностью радиосвязи на ультракоротких волнах, в основе которой лежит многократная ретрансляция сигналов, передаваемых по радиолинии.

Радиорелейная линия представляет собой ряд приемно-передающих установок, из которых две оконечные обслуживают корреспондентов, а остальные — промежуточные, расположенные между оконечными, предназначаются для приема сигналов от предыдущих станций и передачи их на следующую станцию. Схематически радиорелейная линия показана на рис. 48. Каждая оконечная станция имеет радиопередатчик и радиоприемник, необходимые для одновременной передачи и приема сигналов, т. е. для дуплексной связи. Передача и прием ведутся на разных волнах, благодаря чему передатчик не нарушает работы приемника. Поскольку радиорелейная связь дуплексная, ретрансляция осуществляется одновременно в обоих направлениях, для чего на промежуточной станции имеются два одинаковых комплекта аппаратуры (их часто называют полупакетами).

Процесс ретрансляции автоматический, без непосредствен-

ного вмешательства оператора. Термин «радиорелейная» связь объясняется принципом действия ретрансляционной станции, сходным с работой реле. Ее аппаратура имеет как бы реагирующее и исполнительное устройства. Реагирующим на проходящие сигналы устройством служит приемник, с выхода которого сигналы подаются на вход передатчика, выполняющего роль исполнительного устройства. Необходимость ретрансляции вызывается тем, что распространение сигнала на сверхвысоких частотах, используемых для этого вида связи, в известной степени ограничивается сравнительно небольшими (30—40 км) расстояниями — пределами прямой видимости.

Любой передатчик радиорелейной линии должен излучать только в сторону заданной соседней установки, а любой приемник — принимать сигналы, приходящие только со стороны соответствующей соседней установки. Следовательно, антенны всех ретрансляционных установок должны обладать направленным действием вдоль линии в сторону соответствующей соседней станции. Применение направленных антенн повышает помехозащищенность связи и позволяет уменьшить мощность передатчиков. Так, например, если для круглосвязной связи на расстоянии 30—40 км на коротких волнах требуется мощность передатчиков около 100 вт, то две радиорелейные станции при правильном их расположении на местности способны обеспечить связь на то же расстояние при мощности передатчиков всего в 2 вт, причем не по одному, а по нескольким каналам.

Радиорелейная связь может осуществляться на метровых, дециметровых и сантиметровых волнах. При этом условия связи на разных диапазонах будут различными. Так, для устойчивой связи на ретрансляционном интервале 30—40 км на дециметровых волнах потребуются мощности передатчиков, примерно в два раза большие, чем для обеспечения той же дальности связи на метровых волнах.

Число ретрансляционных станций зависит от применяемого способа ретрансляции радиосигналов и типа используемой приемно-передающей аппаратуры.

Протяженность радиорелейной линии ограничивается суммированным накоплением шумов и помех на ретрансляционных станциях. Можно считать, что чем больше станций в радиорелейной линии, тем ниже качество связи.

Радиорелейные станции для малого числа ретрансляций обычно рассчитываются на 2—3 ретрансляции, что будет соответствовать протяженности линий 120—150 км. Радиорелейные линии большой протяженности (800—1000 км) допускают до 20 ретрансляций.

Одним из положительных свойств радиорелейной связи является её многоканальность. Современные радиорелейные линии связи позволяют вести одновременно несколько сотен телефонных и телеграфных переговоров и несколько телевизионных передач. Однако осуществить такую многоканальную связь на одной несущей частоте возможно лишь при использовании дециметровых и сантиметровых волн, на которых возможно получить достаточно широкую полосу пропускания частот, необходимую для многоканальной связи.

Качество связи по радиорелейной линии сравнимо с качеством телефонной связи по хорошему кабелю и практически мало зависит от времени года, суток, состояния атмосферы и промышленных радиопомех.

Средства радиорелейной связи можно использовать комплексно с проводными средствами и обычными радиостанциями.

Радиорелейные станции легко сопрягаются с оконечной телефонной и телеграфной аппаратурой непосредственно или через соответствующие коммутационные устройства. По телефонным каналам радиорелейной линии, заведенным на телефонный коммутатор, проходит индукторный вызов и разговор любых абонентов коммутатора при использовании обычных телефонных аппаратов. Телеграфные каналы допускают вторичное уплотнение их многоканальной телеграфной аппаратурой, заканчивающейся телеграфными аппаратами. Телеграфные каналы радиорелейной линии могут заводиться и коммутироваться телеграфными коммутаторами.

Радиорелейные линии обладают рядом преимуществ экономического характера перед кабельными и воздушными линиями, а именно: по производственным затратам цветных и черных металлов, по срокам постройки и числу обслуживаемого персонала.

Особым преимуществом перед проводными средствами обладают радиорелейные линии в труднодоступных районах: при организации связи через горные массивы, водные преграды, в пустынях и т. д., где прокладка проводных и кабельных линий связана с большими трудностями и затратами, а иногда и вообще невозможна.

Радиорелейные линии бывают стационарными (постоянными) и полевыми (временными).

Радиорелейные линии с ограниченным числом телефонных каналов могут работать в различных диапазонах частот — от метровых до сантиметровых — с использованием различных методов модуляции. Кроме того, этот вид станций может применяться для ответвления каналов на промежуточных пунктах от магистральных линий, служить вставками на проводных линиях связи и т. д.

Организация радиорелейной связи. Практически используются тремя способами организации радиорелейной связи: по направлениям, по оси и сети.

Радиорелейной связью по направлениям называют связь между пунктами (штабами) по отдельным радиорелейным линиям (рис. 49). Данный способ обладает рядом существенных достоинств, однако требует большого количества радиорелей-

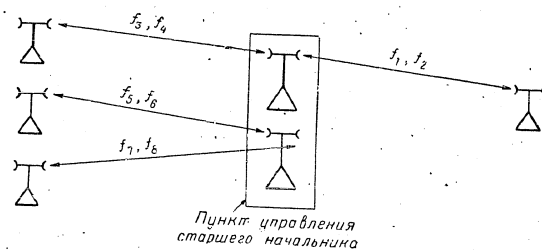


Рис. 49. Схема радиорелейной связи по направлениям

ных станций; разместить которые в районе одного пункта управления затруднительно, так как они создают взаимные помехи.

Связью по оси называют такой способ организации радиорелейной связи, когда связь одного пункта с другими осуществляется по одной осевой радиорелейной линии, построенной в направлении перемещения пункта управления (рис. 50). От конечных или промежуточных станций осевой линии каналы ответвляются и заводятся на пункты управления подчиненных или взаимодействующих штабов. Для ответвления используются проводные, легкие радиорелейные линии и ультракоротковолновые радиостанции.

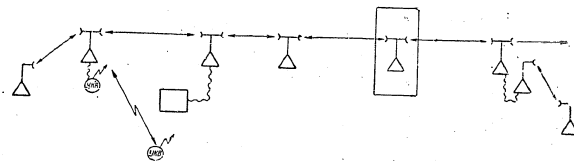


Рис. 50. Схема радиорелейной связи по оси

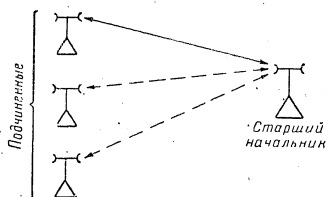


Рис. 51. Схема радиорелейной связи по сети

Для строительства осевых линий используются многоканальные радиорелейные станции.

В некоторых случаях при остром недостатке радиорелейных станций связь организуется и по сети (рис. 51). При этом подчиненные станции работают в режиме дежурного приема и включаются на передачу по требованию главной станции. Работа по сети резко снижает оперативность радиорелейной связи и применяется сравнительно редко.

ГЛАВА V

ВОЙСКОВЫЕ РАДИОСРЕДСТВА СВЯЗИ

ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЙСКОВЫХ РАДИОСРЕДСТВ СВЯЗИ

Войсковые радиосредства связи представляют собой различные радиостанции, с помощью которых осуществляется радиосвязь.

Радиостанции бывают радиоприемные (обеспечивающие только прием радиосигналов), радиопередающие (обеспечивающие только передачу радиосигналов) и приемно-передающие (обеспечивающие и прием, и передачу).

По величине мощности радиопередатчиков радиостанции подразделяются на маломощные (до нескольких десятков ватт), средней мощности (несколько сотен ватт) и мощные (несколько киловатт).

По виду работы радиостанции делят на радиотелефонные (позволяющие вести телефонные переговоры), радиотелеграфные (позволяющие вести радиотелеграфный обмен) и радиотелефонно-телеграфные.

По способу транспортировки радиостанции бывают переносные, подвижные (возимые, смонтированные для перевозки и работы в автомобилях, бронеемких объектах или других транспортных средствах), полустационарные и стационарные (смонтированные постоянно в каких-либо объектах).

По диапазону используемых частот различают длинноволновые, коротковолновые и ультракоротковолновые радиостанции.

По своему назначению радиостанции могут быть наземными, корабельными, самолетными и специальными.

МАЛОМОЩНЫЕ УЛЬТРАКОРОТКОВОЛНОВЫЕ РАДИОСТАНЦИИ

Переносные радиостанции. В тактических войсковых звеньях широко применяются легкие переносные приемно-передающие телефонные радиостанции. Они невелики по весу и габаритам, удобны и просты в эксплуатации, механически прочны и устойчивы при резких изменениях температуры и влажности.

Радиостанции обеспечивают работу как на стоянке, так и в движении. Действующий комплект каждой радиостанции состоит из одной удобной для переноски ранцевой упаковки.

Различные типы радиостанций тактического звена отличаются друг от друга диапазоном волн, дальностью действия, весом и габаритами. Для уменьшения габаритов и веса в радиостанциях применяются трансверсные схемы, где ряд деталей является общим для передатчика и приемника. Поскольку шкала установки частот для передатчика и приемника является общей, работа на прием и передачу может вестись только поочередно. Переход с приема на передачу осуществляется нажатием клапана на микрофонной трубке или кнопки на микрофонной гарнитуре.

Во время второй мировой войны в различных армиях воюющих стран в тактическом звене применялись радиостанции, работавшие как на коротких, так и на ультракоротких (метровых) волнах.

Опыт войны показал, что для радиосвязи в тактическом звене более подходящи переносные радиостанции метрового диапазона, чем такие же радиостанции, работающие на коротких волнах.

Это объясняется следующим.

Диапазон коротких волн сильно загружен, обладает меньшим числом телефонных каналов и имеет большой уровень помех, особенно в ночное время. Если на ультракоротких волнах можно обеспечить круглосуточную связь, то на коротких волнах ночью связь телефоном на маломощных радиостанциях из-за помех фактически невозможна. Распространение ультракоротких волн поверхностным лучом ограничивает возможности перехвата сообщений противником и уменьшает взаимные помехи. Это обуславливает возможность одновременной работы большого числа радиостанций на сравнительно узком участке фронта.

Кроме того, при использовании ультракоротких волн трудно установить направленную радиосвязь, применяя антенны направленного действия, имеющие небольшие геометрические размеры и быстро раздвигаемые в любых условиях местности. Это дополнительно уменьшает уровень взаимных радиопомех и повышает дальность и скрытность радиосвязи. Поэтому, по мнению многих зарубежных специалистов, ближайшие перспективы развития радиоаппаратуры для дистанций до 10 км — это дальнейшее совершенствование ультракоротковолновой аппаратуры с частотной модуляцией.

По техническим соображениям конструирования, а также с целью уменьшения взаимных помех ультракоротковолновый диапазон частот разбивается на участки, которые отводятся различным родам войск и подразделениям.

106

Так, в американской армии во время второй мировой войны было принято следующее распределение частот ультракоротковолнового диапазона: диапазон 55—38 Мгц (170 фиксированных волн) — пехотным подразделениям и частям, диапазон 39—27 Мгц (120 фиксированных волн) — артиллерийским подразделениям и частям, диапазон 28—20 Мгц (80 фиксиро-

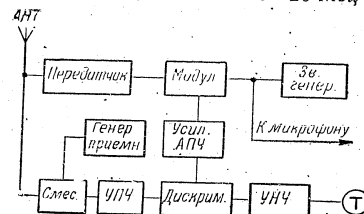


Рис. 52. Блок-схема радиостанции AN/PRC-34

ванных волн) — танковым подразделениям. При этом было принято деление диапазона на фиксированные волны через каждые 100 кгц.

В качестве примера самой миниатюрной и легкой войсковой радиостанции можно привести разработанную в США радиостанцию AN/PRC-34 для низших подразделений войск. Она представляет собой ультракоротковолновый радиотелефонный передатчик с частотной модуляцией, блок-схема которого представлена на рис. 52. Вес ее с источниками питания не превышает 400 г. Смонтирована она вместе с батареями питания в двух плоских алюминиевых коробках размером 95×70×16 мм каждая (на рис. 53 слева в руке).

В нижней коробке помещен приемопередатчик. Верхняя коробка содержит батареи питания, органы управления, телефоны и гнездо для микрофона.

Обе коробки пристегиваются по бокам с внутренней стороны специального шлема наподобие раковин головных телефонов.

Приемник супергетеродина типа на полупроводниковых триодах имеет чувствительность 10 мкв. Передатчик состоит из лам-

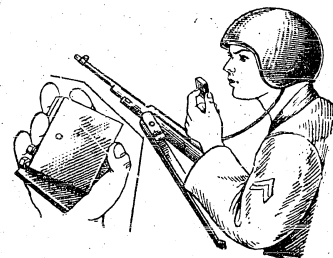


Рис. 53. Радиостанция AN/PRC-34

107

пового генератора с электронной связью и каскада автоматической подстройки частоты (АПЧ) для повышения стабильности частоты передатчика. Выходная мощность передатчика 100 мвт. Станция имеет 12 рабочих каналов в диапазоне 38—51 Мгц, который перекрывается двумя сменными блоками.

Антенна смонтирована на шлеме.

Радиостанция AN/PRC-34 обеспечивает дальность связи на несколько сот метров, а с дополнительным штырем на шлеме — до 1,6 км. Для питания радиостанции используются три миниатюрных элемента карандашного типа, которые обеспечивают непрерывную работу в течение 12 ч.

Радиостанция может выпускаться как приемная. В этом случае ее вес не превышает 200 г. Основное назначение этой радиостанции — обеспечение связи между командиром и солдатами. Кроме того, она может применяться для связи между командирами отделений и взводов и в военной полиции. С ее помощью можно связываться с другими табельными войсковыми радиостанциями.

В настоящее время на вооружении войск США находится ручная ультракоротковолновая радиостанция AN/PRC-6 (рис. 54). Радиостанция вместе с питанием смонтирована в литом металлическом корпусе, напоминающем по форме микротелефонную трубку. Вес полного комплекта радиостанции достигает 2,8 кг.



Рис. 54. Ультракоротковолновая радиостанция AN/PRC-6

Микрофон и телефон вмонтированы непосредственно в корпус кожуха радиостанции. Имеется фишка для включения дополнительной (командирской) микротелефонной трубки. Радиостанция работает на телескопическую штыревую антенну высотой 60 см. Дальность действия радиостанции достигает 1,5 км. Мощность в антенне передатчика около 250 мвт. Чувствительность приемника 1 мкв. Приемопередатчик собран по трансверальной схеме.

Приемник супергетеродинного типа имеет два каскада усиления по высокой частоте, смеситель, гетеродин, стабилизированный кварцем, три каскада усиления по промежуточной частоте (4,3 Мгц), ограничитель, кристаллический частотный детектор (дискриминатор) и усилитель низкой частоты.

Передатчик радиостанции имеет задающий генератор с частотным модулятором, умножитель частоты и усилитель мощности.

Связь анодного контура с антенной индуктивная. Антенна настраивается изменением индуктивности с помощьюдвигающегося сердечника. Индикатором настройки служит неоновая лампочка.

Приемопередатчик питается от двух сухих батарей: напряжением 90 в для питания анодно-экранных цепей и 1,5 в для питания цепей накала. Емкости их хватает на 12 ч непрерывной работы.

Приемопередатчик радиостанции работает в диапазоне 40—48 Мгц, в котором могут быть установлены 43 рабочие волны. Установка волны и настройка контуров производится заранее опытным радиотехником на войсковых ремонтных базах. Переход с одной волны на другую в полевых условиях невозможен.

На рис. 55 и 56 представлены отечественные радиостанции Р-116 и Р-106, используемые в войсковых подразделениях.

Каждая радиостанция смонтирована в одной ранцевой упаковке для переноски за спиной и допускает возможность работы на ходу на штыревые антенны. При работе с земли радиостанция Р-106 может для повышения дальности действия работать на лучевую антенну.

По своей дальности действия радиостанции рассчитаны на перекрытие тактически необходимых расстояний.

Переход с приема на передачу осуществляется нажатием клапана микротелефонной гарнитуры.

Радиостанции весьма просты в управлении.

В звене батальон — рота американской армии используются радиостанции AN/PRC-8, AN/PRC-9, AN/PRC-10 (рис. 57).

Каждая из них имеет вид плоского ранца. Вес радиостанции 10 кг. Радиостанции различаются между собой лишь диа-

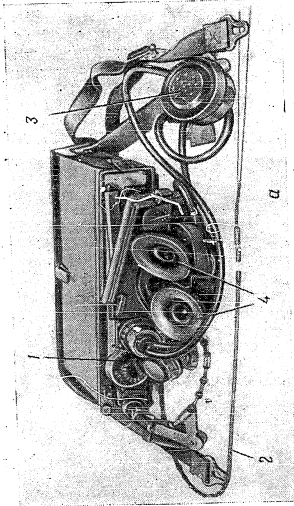
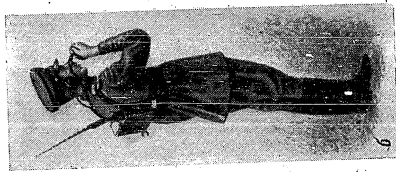


Рис. 55. Общий вид радиостанции Р-116: а — в разобранном виде; 1 — переключатель частот; 2 — антенна; 3 — микрофон; 4 — телефон; б — в работе

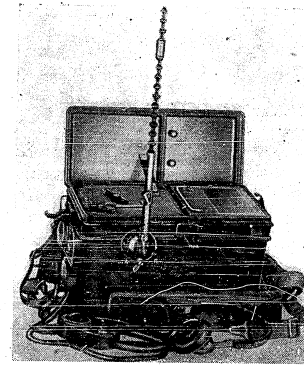


Рис. 56. Общий вид радиостанции Р-106

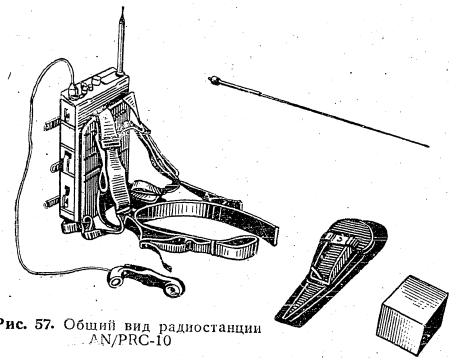


Рис. 57. Общий вид радиостанции AN/PRC-10

пазонами частот. Первая работает в участке диапазона, отведенном для танковых войск, вторая — для подразделений артиллерии, третья — для подразделений пехоты.

С 3-метровой антенной радиостанция обеспечивают связь на расстояниях 5—8 км.

По своей схеме радиостанции представляют 16-ламповые приемопередатчики.

Приемник каждой такой радиостанции имеет двухкаскадный усилитель высокой частоты, смеситель, гетеродин, трехкаскадный усилитель промежуточной частоты, двухкаскадный ограничитель, частотный детектор на двух германиевых диодах и усилитель низкой частоты. Чувствительность приемника 0,5 мкв. Мощность передатчика радиостанции около 1 вт. Радиостанция питается от сухих батарей.

Беспосредственная связь может быть обеспечена лишь после предварительной корректировки частоты приемопередатчика по кварцевому калибратору.

Подвижные ультракоротковолновые радиостанции в основном применяются для связи в частях и соединениях тактического звена. Так, например, в частях и соединениях тактического звена американской армии для этой цели используются переносимые в автомобилях радиостанции AN/GRC-3, -4, -5, -6, -7, -8, которые отличаются друг от друга диапазонами частот и комплектацией.

По диапазону частот радиостанции выпускаются в трех вариантах: танковом (AN/GRC-3 и AN/GRC-4), артиллерийском (AN/GRC-5 и AN/GRC-6) и пехотном (AN/GRC-7 и AN/GRC-8). Стабилизация частот этих радиостанций кварцевая (применяется метод смещения частот, при котором в схемах радиостанций используются от 11 до 21 кварца). Вид работы — радиотелефон с частотной модуляцией. Мощность передатчиков 16 вт. Радиостанции обеспечивают дальность связи на 16—20 км.

Комплекты таких радиостанций состоят из отдельных стандартных блоков, представляющих собой передатчики, приемники, приемопередатчики различных диапазонов и мощностей, а также усилители, источники питания и панели управления.

Обычно в комплект такой сборной радиостанции входят три приемника и два передатчика различных диапазонов (рис. 58), что позволяет одновременно принимать донесения от своих подразделений и передавать сообщения в вышестоящий штаб.

Поворотом переключателя оператор может подключить выход одного приемника к микрофонному входу другого передатчика и заставить работать всю установку на ретрансляцию. Часто в комплект радиостанции вводится специальная при-

емно-передающая радиостанция взаимодействия RT-70, которая обеспечивает взаимодействие с пехотой на расстояниях 2—3 км.

В радиостанциях предусматривается дистанционное выносное управление и подключение к проводным коммутаторам.

Переносимые радиостанции питаются от бортовой сети автомобиля, танка или бронетранспортера напряжением 12 и 24 в.

В качестве разновидности автомобильной ультракоротковолновой радиостанции может служить радиостанция FUG-7, выпускаемая в Западной Германии. Радиостанция выпускается

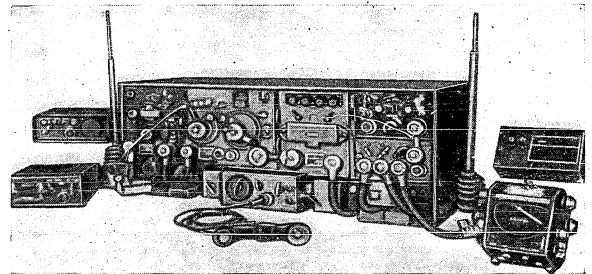


Рис. 58. Комплект радиостанции GRC-5

в стационарном (80—100 вт), автомобильном (15 вт) и переносном вариантах, изготавливается для различных участков УКВ диапазона и имеет 100 симплексных или 50 дуплексных телефонных каналов шириной 50 кГц с частотной модуляцией. Этим обеспечивается возможность ретрансляции.

Общий вид автомобильного варианта радиостанции, применяющейся в полиции и в войсках, показан на рис. 59.

Возбудитель передатчика собран по схеме смешивания частот, стабилизированных кварцем, с нестабилизированной частотой генератора, которая модулируется реактивной лампой.

Для работы станции на ходу автомобиля используется гибкая четвертьволновая штыревая антенна. На остановке штыревая антенна поднимается на 6-метровую полутелескопическую мачту, на конце которой установлен противовес из 4—6 лучей. Дальность связи между автомобильными радиостанциями 30 км. При работе автомобильной радиостанции со стационарной, на которой антенна поднимается на высоту

30 м, дальность связи достигает 50 км, а с использованием двух ретрансляций — 150 км.

Основным принципом организации радиосвязи с использованием таких радиостанций является работа по радиосети, когда стационарная радиостанция служит центральной

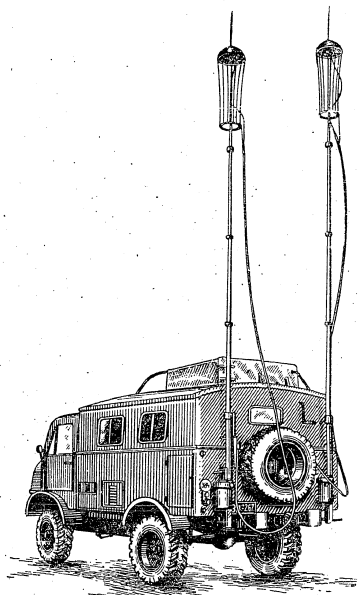


Рис. 59. Ультракоротковолновая радиостанция PUG-7 на сто каналов

(старшей). Для повышения эффективности использования радиоканалов при наличии в радиосети большого числа корреспондентов применяется автоматическое установление и прекращение связи, а также поиск свободных каналов связи. Переговоры корреспондентов радиосети ведутся только через

центральную станцию, которая имеет связь с автоматической телефонной станцией (АТС). Любой корреспондент радиосети с помощью типового номеронабирателя может через центральную станцию вызвать любого абонента проводной АТС.

Обслуживание большого количества абонентов облегчается автоматическим переходом с занятого канала на свободный. Система такого перехода заключается в том, что все эксплуатируемые в данном районе радиостанции находятся в режиме приема на частоте одного из свободных каналов. Если он занят, то все абоненты, не ведущие в данный момент переговоров, автоматически переключаются на ближайший смежный канал. Если второй канал также занят, то происходит переключение на третий и т. д. После того как все каналы использованы, цикл начинается снова с первого канала.

Американской фирмой «Моторола» в 1957 г. были изготовлены опытные образцы радиотелефонных станций на УКВ с выходом на АТС. Радиостанции имеют кнопочные номеронабиратели для работы с АТС. Они предназначены для использования как в подвижном (25 вт), так и в стационарном (50 вт) варианте. Диапазон частот, в котором производились испытания, 172—174 Мгц. Дальность связи между подвижной и стационарной радиостанциями составляла 30—40 км. Подвижные радиостанции могут работать непосредственно с АТС.

С использованием систем селективного вызова нормальный разговор между подвижным корреспондентом и неподвижным абонентом происходит только при нажатии на тангенту микротелефонной трубки подвижной радиостанции. Имеется система обеспечения работы привилегированного абонента путем выключения всех подвижных корреспондентов, кроме вызываемого, посылкой специальных сигналов стационарной радиостанцией.

Радиотелефонные переговоры осуществляются дуплексом на двух частотах. Радиосвязь между подвижными объектами осуществляется через стационарную радиостанцию.

За последние 10 лет за рубежом введено в действие значительное количество подвижных ультракоротковолновых средств радиосвязи, работающих в диапазоне 71,5—88 Мгц («нижний» диапазон) и 156—184 Мгц («верхний» диапазон) с размещением рабочих частот через 50 и 100 кГц соответственно. Большая часть аппаратуры в этих диапазонах работает в дуплексном режиме с разном частот передачи и приема на 10 Мгц. Предполагается увеличить число рабочих частот путем разнеса их на 25 кГц в «нижнем» диапазоне и на 50 кГц в «верхнем» диапазоне при соответствующем повышении стабильности частоты и избирательности приемников. Стабильность частоты кварцевых генераторов доводится до $\pm 0,0015\%$ и $\pm 0,0005\%$.

Военные специалисты США считают, что при создании новых средств радиосвязи необходимо обеспечить высокую проходимость связных машин с поддержанием связи на ходу, быстроту развертывания средств связи и малый вес носимых радиостанций. Радиосвязь должна быть бесперебойной, а составление канала — автоматическим.

Все переносные радиостанции должны выдерживать длительное погружение в воду. Аппаратура должна быть стойкой против коррозии, плесени и насекомых, должна выдерживать транспортировку по воздуху, ударную нагрузку и длительное торможение, обычные при сбрасывании с парашютом во время воздушно-десантных операций. Срок службы аппаратуры без серьезного ремонта должен быть не менее 5000 часов (год войсковой эксплуатации).

Важным требованием является обеспечение сопряжения новых радиосредств со стартовыми телеграфными и фото-телеграфными аппаратами, а также с устройствами электронной обработки данных, работающими в стандартной полосе звуковых частот. Кроме того, новые радиостанции должны работать с другими радиостанциями с частотной и амплитудной модуляцией, со стандартными установками коммутации и сопряжения радио- и проводных средств, блоками и приставками дистанционного управления, связным оборудованием внутрипереговорных устройств, акустической аппаратурой, общей для всех радиостанций новой системы.

С учетом этих требований американские инженеры разработали опытные образцы подвижных радиотелефонных станций, автоматических электронных коммутаторов и радио АТС.

МАЛОМОЩНЫЕ КОРТКОВОЛНОВЫЕ РАДИОСТАНЦИИ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА УПРАВЛЕНИЯ

Маломощные коротковолновые радиостанции широко использовались для связи в тактическом звене в армиях многих стран и лишь к концу войны уступили место ультракоротковолновым радиостанциям.

Однако ограниченная дальность действия ультракоротковолновых радиостанций поверхностным лучом (не более 30—40 км) вызывает необходимость применять в некоторых случаях переносные коротковолновые радиостанции в тактическом звене управления.

Маломощные коротковолновые радиостанции находят в настоящее время применение для связи в общевойсковых и артиллерийских соединениях и частях, с дальней войсковой разведкой, для связи с парашютными десантами, в танковых

частях, в авиации и на флотах. Как правило, они обеспечивают как телефонную, так и радиотелеграфную (слуховую) работу.

Общая характеристика и принципы устройства. Маломощные коротковолновые радиостанции бывают двух типов: переносные и возимые. Они обеспечивают вхождение в связь и ведение связи без поиска и подстройки на всех частотах диапазона. Это обусловлено высокой стабильностью частоты приемопередатчика благодаря применению специальных схем и качественных деталей, более совершенного способа установки частоты и систематической проверке градуировки шкалы по собственному кварцевому калибратору.

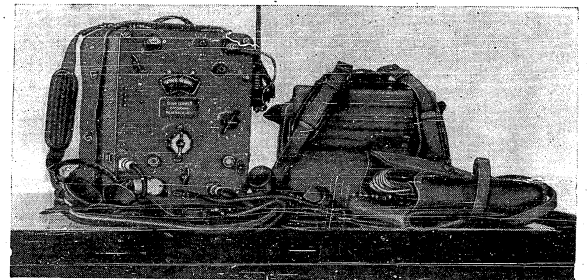


Рис. 60. Маломощная коротковолновая радиостанция Р-104

Общий вид одной из маломощных коротковолновых радиостанций показан на рис. 60. Рабочий комплект переносного варианта станции состоит из упаковок приемопередатчика, упаковки питания и вспомогательных упаковок — антенной укладки и генератора с ножным приводом. Общий вес переносного варианта около 50 кг. Возимый вариант, кроме того, включает: зарядный агрегат, блок питания, аккумуляторы и две антенные укладки. Общий вес возимого варианта около 400 кг.

Радиостанция обеспечивает телефонную и телеграфную связь в симплексном режиме. Шкала для передатчика и приемника общая.

Радиостанция может работать радиотелефоном при амплитудной модуляции или слуховым радиотелеграфом при амплитудной манипуляции с обеспечением широкополосного или узкополосного приема телеграфных сигналов. Узкополос-

ный прием применяется при слабой слышимости или при наличии помех радиоприему.

Радиотелефонная работа может осуществляться с вынесенного телефонного аппарата, удаленного от радиостанции на расстояние до 2 км и соединенного с ней двухпроводным полевым кабелем. Радист, находящийся на радиостанции, переключает ее с приема на передачу и следит за переговорами корреспондентов.

Особенности радиостанций парашютного десанта. В связи с широким применением воздушно-десантных войск в современных боях предъявляются большие требования к радиосвязи как единственному средству управления отрядами парашютного десанта, действующими в тылу противника на значительном удалении от своих войск. Предназначенные для этих целей радиостанции должны обеспечивать быструю и устойчивую связь парашютного десанта со штабом, организуя высадку десанта; и аэродромом обеспечения десанта на расстояния до нескольких сот километров. Кроме того, такие радиостанции должны обеспечивать связь внутри десанта между отрядами или группами.

В армиях крупных капиталистических стран для радиостанций парашютного десанта используется более широкий диапазон частот, чем для обычных маломощных коротковолновых радиостанций. Расширение диапазона делается в сторону высоких частот, обеспечивающих дальнюю радиосвязь в различное время суток и года за счет использования пространственных волн. Другие особенности таких радиостанций заключаются в следующем.

При небольшом весе и сравнительно малых габаритах радиостанции обычно обладают высокими показателями, и прежде всего большой точностью частоты и повышенной помехозащищенностью.

Для обеспечения бесперебойной и бесподстроечной связи в этих радиостанциях применяется кварцевая стабилизация частоты как в передатчике, так и в приемнике.

Основным видом работы радиостанции парашютного десанта является слуховой телеграф с наличием узкополосного приема телеграфных сигналов. Однако предусматривается и телефонный вид работы, который используется сравнительно редко, в основном для связи внутри десанта на небольшие расстояния.

Радиостанции парашютного десанта характеризуются повышенными механической прочностью и устойчивостью к воздействию климатических факторов. Первичными источниками электропитания служат аккумуляторы. Для длительной работы, когда нет возможности смены и заряда аккумуляторов, в комплект радиостанции может входить ручной (ножной) генератор.

В радиостанции парашютного десанта используются различные типы антенн: штыревая — для связи поверхностной волной на небольшие расстояния; антенны типа «наклонный луч» и симметричный вибратор — для связи пространственными волнами на большие расстояния.

Особенности танковых радиостанций. Для танковых радиостанций наряду с ультракоротковолновым диапазоном используется и коротковолновый диапазон. Танковым радиостанциям (рис. 61), хотя они и имеют ряд элементов и схемных устройств, общих с другими радиостанциями, свойственны

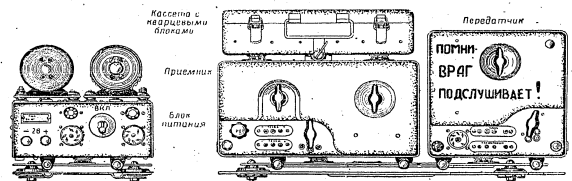


Рис. 61. Общий вид танковой радиостанции 10-РТ

некоторые специфические особенности. Как правило, они кварцеванные, что объясняется необходимостью иметь жесткие фиксированные частоты для бесперебойной устойчивой связи в любых боевых условиях. Эти радиостанции имеют повышенную мощность передатчиков (до 30—40 вт) и более высокий уровень напряжения на выходе приемника. Последнее объясняется наличием больших акустических шумов в танке.

Танковые радиостанции характеризуются повышенной механической прочностью, климатической устойчивостью и минимальными габаритами.

В танке монтируется специальное танковое переговорное устройство (ТПУ), с помощью которого обеспечивается связь командира танка с экипажем и выход на радиостанцию. В конструкции радиостанции и ТПУ предусмотрены специальные устройства, уменьшающие акустические и электрические помехи. Вместо микрофона и обычных телефонов применяется ларинго-телефонная гарнитура шлемофона, защищенная от акустических шумов; тщательно экранируется все электрооборудование танка.

Управлять радиостанцией предельно просто, а работа ее максимально надежна.

Питается радиостанция от бортовой сети танка. Переключе-

чение с приема на передачу выполняется нагрудным переключателем гарнитуры.

В танковых радиостанциях возникают помехи от так называемого явления гусеничного эффекта. Во время движения танка гусеницы от трения о почву электризуются и создают электромагнитное поле, которое, воздействуя на антенну станции, вызывает помехи радиоприему. Гусеничный эффект тем сильнее мешает работе радиостанции, чем суше (песчанее) почва под гусеницами. Для ослабления гусеничного эффекта надо вести танк по обочине дороги или, что еще лучше, по траве.

При эксплуатации танковой радиостанции следует обращать внимание на состояние антенны, представляющей собой 4-метровый штырь, упруго изгибающийся у основания. В случае поломки штыря можно работать на аварийную антенну, сделав ее из любого изолированного провода, просунутого из танка через люк или отверстие для стрельбы и подвешенного над корпусом машины (на высоте 40—50 см).

КОРГОТКОВОЛНОВЫЕ РАДИОСТАНЦИИ ОПЕРАТИВНОГО ЗВЕНА УПРАВЛЕНИЯ

В оперативном звене управления радиосвязь обычно должна перекрывать много большие расстояния, чем в тактическом звене. Соответственно этому увеличивается и мощность обеспечивающих связь радиопередатчиков (от нескольких сотен ватт до нескольких киловатт), что требует и мощных источников питания.

В некоторых армиях, например в армии США, для питания радиостанций используются электростанции переменного тока 110—220 в различных мощностей.

Силовые станции часто перевозятся на отдельных автомобилях или в автоприцепах. Радиоприемные устройства, более сложные по схеме и конструкции, часто также перевозятся в отдельных автомобилях.

Перекрытие больших расстояний требует сложных антенных устройств, которые во многих случаях перевозятся на отдельных автомобилях. Все это увеличивает состав радиостанции до нескольких автомобилей.

Необходимость связи поверхностным и пространственным лучом на выбранных волнах в любое время суток, года и солнечной активности приводит к необходимости расширения диапазона рабочих частот, которые, как правило, должны охватывать по возможности весь диапазон коротких волн.

Для стабилизации частоты используются различные методы диапазонно-кварцевой стабилизации с дискретными сетками частот, разнесенными друг от друга на один или несколько килогерц, благодаря чему количество рабочих частот в диапазоне радиостанции может достигать нескольких тысяч.

Существенная особенность работы таких радиостанций заключается в том, что в этих звеньях появляется необходимость передачи и приема в короткие сроки большого количества документации (сводки, донесения и прочее). Это требует высокой пропускной способности линии радиосвязи за счет увеличения скорости передачи радиogramм на передающем конце, а также автоматизации записи принимаемых радиogramм на приемном конце линии связи.

Одним из наиболее распространенных способов повышения пропускной способности линии связи является применение буквопечатающей телеграфной радиосвязи.

Буквопечатающая радиосвязь и ее особенности. Буквопечатающей радиосвязью называют такой способ радиотелеграфирования, при котором передача радиogramм ведется с буквопечатающего телеграфного аппарата, а прием их производится также на телеграфном аппарате в виде буквенных и цифровых знаков, автоматически отпечатываемых на телеграфной ленте.

Для буквопечатающей работы по радио обычно используются типовые телеграфные аппараты, применяемые для телеграфной связи по проводным линиям. Они могут быть установлены непосредственно в автомобиле, радиостанции или размещены отдельно от нее, например на узле связи, и соединены с ней проводной линией.

Преимуществом буквопечатающего телеграфирования является большая скорость передачи и приема и документальность принимаемых радиogramм. Одновременно с буквопечатающей работой предусматривается возможность слухового телеграфного и телефонного обмена.

Для работы буквопечатающим по радио необходимо применение специальной радиоаппаратуры, которая должна обеспечивать повышенную защищенность от помех и замираний и высокую стабильность частоты. В буквопечатающей радиоаппаратуре, как правило, применяется кварцевая стабилизация частоты передатчика и приемника. Это позволяет значительно сузить полосу пропускания частот приемника и тем самым при использовании ограничителей помех повысить помехозащищенность приема.

В передатчике улучшение помехозащищенности дости-

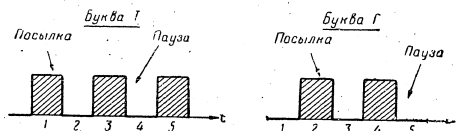


Рис. 62. Телеграфные импульсы (посылки)

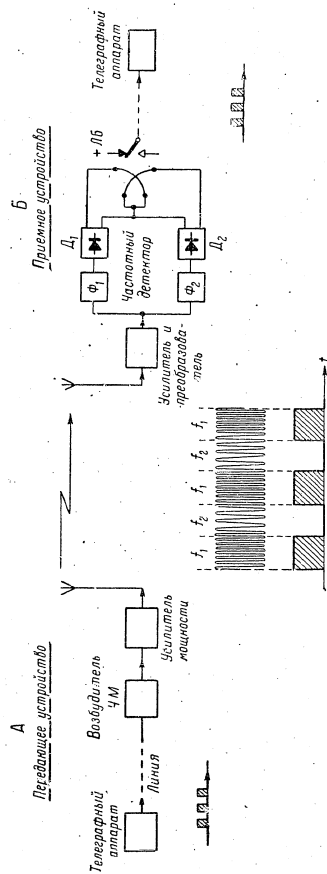


Рис. 63. Принцип буквопечатающей связи

гается заменой обычной амплитудной манипуляции частотой. При этом передатчик работает непрерывно, излучая радиоволны на частоте f_1 или на частоте f_2 , соответствующей телеграфным импульсам или паузам (рис. 62 и 63). Такая система манипуляции позволяет обеспечить и более совершенную защиту от замираний.

Более эффективной мерой борьбы с замиранием является применение разнесенного приема, т. е. приема на два удаленных друг от друга приемника, сигналы которых на выходе суммируются.

В буквопечатающих телеграфных аппаратах при передаче того или иного знака в линию связи посылаются определенная пятнадцатизначная последовательность импульсов постоянного тока и пауз между ними, имеющих одинаковую длительность по времени. Для простоты в данном случае импульсы тока называются телеграфными посылками. Для иллюстрации на рис. 62 показана последовательность посылок и пауз между ними, соответствующая букве Т, которая содержит три посылки и две паузы; для буквы Г эта после-

довательность выглядит иначе — две посылки и три паузы. Указанная последовательность посылок и пауз, посланная передающим аппаратом, поступающая из линии на приемный телеграфный аппарат, воздействует на его печатающий механизм, вызывая отпечатывание на телеграфной ленте соответствующего буквенного или цифрового знака.

При буквопечатающей радиосвязи телеграфные аппараты должны быть связаны соединительными линиями с передающим и приемным устройством радиостанции на каждом конце линии радиосвязи. Общий принцип буквопечатающей радиосвязи поясняется упрощенной схемой, показанной на рис. 63. Обратясь к этой схеме, рассмотрим последовательно процесс передачи буквопечатающего сигнала в направлении от радиостанции А к радиостанции Б. Сигналы, исходящие от телеграфного аппарата и представляющие собой определенную последовательность посылок постоянного тока и пауз между ними, в передающем устройстве радиостанции А преобразуются в колебания высокой частоты, которые излучаются антенной системой в пространство в виде радиоволн. Приемное устройство радиостанции Б принимает указанные колебания высокой частоты, усиливает и преобразует в телеграфные сигналы, имеющие такую же последовательность посылок и пауз, как и переданные радиостанцией А. Принятые телеграфные сигналы с выхода приемного устройства поступают на приемный телеграфный аппарат, вызывая отпечатывание принятого знака на телеграфной ленте. Передача сигналов в обратном направлении происходит аналогичным образом.

Преобразование телеграфных сигналов (посылок и пауз) в излучаемые колебания высокой частоты осуществляется методом частотной модуляции несущей частоты; излучаемой радиопередатчиком. С помощью механического или электронного реле, управляемого сигналами телеграфного аппарата, к колебательному контуру задающего генератора-возбудителя подключается и отключается конденсатор небольшой емкости, что и вызывает изменение излучаемой передатчиком частоты в необходимых пределах.

Применение для буквопечатающей радиосвязи частотной манипуляции позволяет обеспечить высокую помехозащищенность ее от помех со стороны посторонних радиостанций и помех индустриального характера.

В приемном устройстве принимаемые сигналы высокой частоты, соответствующие посылкам и паузам, прежде всего усиливаются в усилителе высокой частоты, затем преобразуются в колебания более низкой частоты и далее пропускаются через ограничитель амплитуды. Назначение ограничителя — поддерживать постоянство амплитуды принимаемого сигнала на выходе приемника и тем самым устранять воздействие электрических помех, вызывающих изменение амплитуды сиг-

нала на выходе приемника. После ограничителя сигналы частот (посылка и пауза) разделяются частотным детектором, состоящим из фильтров Φ_1 и Φ_2 и детекторов D_1 и D_2 . Оба фильтра имеют узкую полосу пропускания, но один из них (Φ_1) выделяет только частоту сигнала «посылка», а другой (Φ_2) — только частоту сигнала «пауза». Благодаря узкой полосе пропускания указанные фильтры дают существенное

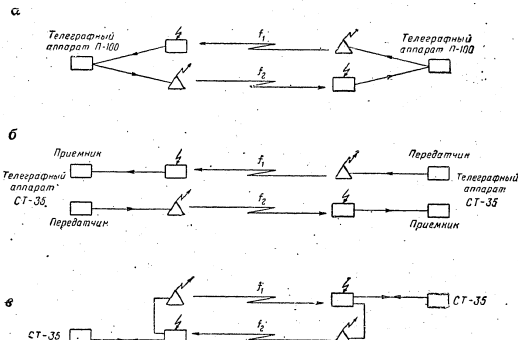


Рис. 64. Дуплексная работа буквопечатяющих телеграфных аппаратов по радио

ослабление помех от соседних по частоте радиостанций, чем достигается высокая помехозащищенность радиоприема. Выделенные фильтрами Φ_1 и Φ_2 сигналы частот «посылка» и «пауза» далее преобразуются детекторами D_1 и D_2 в соответствующие посылки постоянного тока, которые в свою очередь управляют выходным электромеханическим реле приемника. Это реле посылает к телеграфному аппарату, связанному с выходом приемного устройства, «посылки» и «паузы» соответственно переданным знакам.

Возможные виды работы по радио с помощью телеграфных аппаратов П-100 и СТ-35 показаны на рис. 64.

Дуплексная работа (рис. 64, а и б) ведется, как правило, с аппаратов, находящихся непосредственно на телеграфной станции узла связи и соединяющихся с радиостанцией проводными линиями. В режиме, показанном на рис. 64, в, передача и прием осуществляются одним телеграфным аппаратом, но имеется возможность перебора передачи, ведущейся корреспондентом, как и в случае работы СТ-35 по проводной линии.

Этот режим эксплуатационно удобен при небольшом радиодиапазоне.

Применяя дуплекс и симплекс СТ-35 с перебором, прием и передачу ведут на разных волнах. В этом случае на каждом конце радиолинии одновременно работают передатчик и приемник.

Когда передатчик и приемник расположены на небольшом расстоянии друг от друга, реальная чувствительность приемника ухудшается вследствие воздействия на его антенну значительных напряжений высокой частоты, наводимых своим передатчиком.

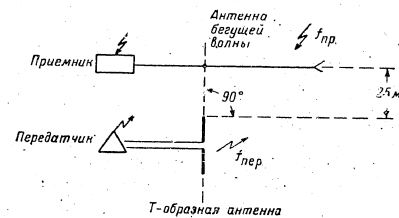


Рис. 65. Вариант расположения передающей и приемной антенн при близком размещении передающего и приемного устройств

Ослабление помех радиоприему от своего передатчика достигается выбором определенного разнеса частот приема и передачи, ориентацией антенн и применением выделенного приема.

Если приемное и передающее устройства размещены в непосредственной близости друг от друга, например в одном кузове автомобиля, необходимый разнос частот приема и передачи во время дуплексной работы достигается выбором соответствующей комбинации приемной и передающей антенн, их взаимовыгодным расположением на местности (рис. 65).

Определяя разнос частот приема и передачи, необходимо учитывать пригодность обеих выбираемых частот для конкретной линии связи по условиям распространения радиоволн.

В буквопечатяющую радиолинию входит три основных элемента: оконечная телеграфная аппаратура, передающая и приемные устройства радиолинии, связанные между собой проводными манипуляционными линиями.

На рис. 66, а представлена блок-схема радиопередатчика для буквопечатяющей связи [56].

Посылки постоянного тока от телеграфного аппарата проходят через телеграфный щиток, где осуществляется соответствующая коммутация и регулировка тока, и поступают на частотный манипулятор. Последний имеет длинноволновый генератор, который может стабилизироваться одним из двух кварцев, близких между собой по частоте. В соответствии с поступающими посылками на смеситель подаются колебания

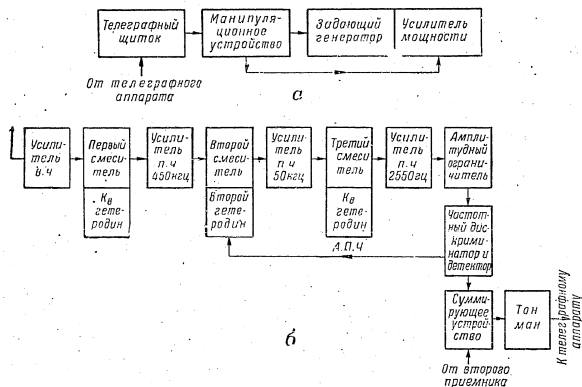


Рис. 66. Блок-схема передатчика (а) и приемника (б) буквопечатающей радиостанции

либо одного, либо другого кварца. С другой стороны на смеситель поступают колебания высокой частоты от кварцевого задающего генератора передатчика. Суммарная (или разностная) частота выделяется контурами последующих каскадов и излучается антенной. Для смены рабочей волны нужно сменить только один кварц задающего генератора.

Приемное устройство буквопечатающей радиолнии отличается высокой избирательностью, которая достигается применением супергетеродина с трехкратным преобразованием частоты, применением амплитудного ограничителя и частотного детектора для приема частотно-манипулированных сигналов, а также наличием суммирующего устройства для разнесенного приема.

Блок-схема радиоприемника изображена на рис. 66, б. Колебания высокой частоты, приходящие из антенны, преобра-

зуются при помощи кварцевого первого гетеродина в колебания промежуточной частоты 450 кГц. Эта частота в свою очередь преобразуется в частоту 50 кГц при помощи второго гетеродина, имеющего устройство для автоматической подстройки частоты. Наконец, третий смеситель и кварцевый гетеродин преобразуют эту частоту в звуковую, равную 2550 гц (средняя частота, на которую отличаются друг от друга рабочая частота и частота паузы). На эту частоту установлены узкополосные фильтры, обеспечивающие высокую избирательность. Далее имеются амплитудный ограничитель, частотный детектор-дискриминатор, амплитудный детектор и суммирующее устройство.

После суммирования посылки постоянного тока манипулируют тональный генератор. Посылки тональной частоты в свою очередь передаются по проводам на телеграфный центр, где в последний раз преобразуются в посылки постоянного тока, приводящие в действие приемный телеграфный аппарат.

Частотно-манипулируемые возбудители могут устанавливаться на радиостанциях различных типов. В качестве примера приведем американскую автомобильную радиостанцию AN/GRC-26, которая применялась во время войны в Корее. Она укомплектована аппаратурой для буквопечатающей радиосвязи с применением телеграфного аппарата Телетайп и работает по принципу частотной манипуляции с девиацией ± 425 гц от несущей. Радиостанция обладает диапазоном частот 2—18 Мгц, мощностью 200—400 вт и обеспечивает на оптимально подобранных волнах дальность действия до 1600 км. Виды работы: радиотелефон, слуховой телеграф, радиобуквопечатание. Радиостанция смонтирована на трехтонном автомобиле с прицепом, в котором размещается агрегат питания. Радиостанция AN/GRC-26 используется в звене дивизия — армия — штаб театра военных действий.

Для связи высших штабов с театрами военных действий в США в основном используются мощные стационарные радиостанции гражданских ведомств с широким диапазоном частот (3—30 Мгц). На магистральных линиях связи используется буквопечатание со сдвигом частот 850 гц.

В составе приемной аппаратуры имеется устройство, позволяющее принять сообщение, переданное по радиотелеграфу, на перфорированную ленту и затем передать его в другом направлении без перепечатки; этим обеспечивается автоматическая ретрансляция дальних связей. В высших сетях связи используются специальные радиостанции 5 и 50 квт с применением метода однополосной модуляции, на котором мы остановимся ниже.

Однополосная радиотелефонная связь. Одним из основных путей повышения надежности и дальности радиотелефонной

связи, осуществляемой при помощи коротковолновых радиостанций, является метод радиотелефонной передачи с одной боковой полосой частот. Внедрение этого метода во многих странах является основным направлением совершенствования коротковолновых радиостанций, в том числе и автомобильных.

Для пояснения сущности указанного метода передачи рассмотрим прежде всего некоторые особенности обычной радиотелефонной передачи, применяемой для связи и в радиовещании. Сущность радиотелефонной передачи состоит в том, что амплитуда тока в антенне радиопередатчика изменяется в такт со звуковыми колебаниями, воздействующими на микрофон, включенный в соответствующие цепи передатчика. Происходит модуляция.

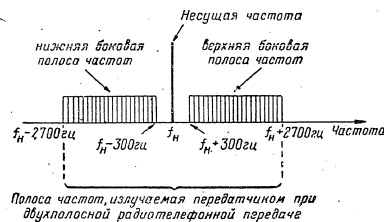


Рис. 67. Двухполосная передача

Даже в самом простом случае, когда модуляция осуществляется одним тоном (т. е. одной низкой частотой, например 300 гц), модулированные колебания представляют собой результат сложения трех незатухающих колебаний: несущей частоты и двух боковых частот. Когда модуляции нет (т. е. когда микрофон выключен), радиопередатчик излучает только колебания несущей частоты. Во время модуляции дополнительно возникают колебания боковых частот, которые располагаются симметрично относительно несущей частоты и отличаются от нее на звуковую частоту.

Так как речь и музыка представляют собой сложные колебания звуковых частот, то при передаче в микрофон производится модуляция целым спектром непрерывно изменяющихся звуковых частот. Следовательно, антенна передающей радиостанции излучает наряду с несущей частотой два спектра, или, как иначе говорят, две боковые полосы: одну полосу частот выше, а другую — ниже несущей частоты. Это показано на рис. 67.

Для того чтобы радиостанции, работающие телефоном, не создавали взаимных помех, нужно, чтобы их боковые полосы не совпадали друг с другом. Поэтому необходимо делать интервал между несущими частотами таких радиостанций не менее ширины обеих боковых полос, но тогда не хватит воли для обеспечения работы без взаимных помех большого числа радиостанций. По этим соображениям полосе звуковых частот, передаваемых при радиотелефонной связи, ограничивают обычно пределами от 300 до 2700 гц.

Серьезный недостаток обычной радиотелефонной передачи (так называемой двухполосной передачи) заключается в том, что радиопередатчик излучает очень широкую полосу частот. Это создает недостаток воли для обеспечения работы большого числа радиостанций, что приводит к взаимным помехам одних работающих радиостанций другим.

Другой недостаток состоит в том, что мощность радиопередатчика расходуется весьма нерационально. Дело в том, что слышимость радиотелефонной передачи зависит главным образом от мощности боковых полос. Однако на каждую из боковых полос приходится не более чем 17% полной мощности радиопередатчика, а большая доля (до 66%) этой мощности расходуется непроизводительно на излучение колебаний несущей частоты, почти не влияющих на слышимость радиостанций.

Этих недостатков можно избежать, если применить в радиостанциях радиотелефонную передачу с одной боковой полосой частот.

Установлено, что достаточно передать лишь одну боковую полосу, чтобы на приемном пункте получить неискаженную передаваемую речь. Колебания же несущей частоты, а также второй боковой полосы подавляются. В этом случае, если перед микрофоном произносится только один тон (одна звуковая частота), на выходе передатчика будут только колебания верхней боковой частоты. На рис. 68 они обозначены сплошной линией, а колебания несущей и другой боковой частоты, подавляемые в передатчике, показаны пунктирными линиями. Для получения исходного звукового сигнала, переданного указанным способом, в приемном устройстве к принятому и усиленному сигналу одной боковой частоты добавляется колебания несущей частоты от гетеродина. Эти колебания несущей частоты совместно с принимаемой боковой частотой подводятся к демодулятору, на выходе которого получается звуковой сигнал, соответствующий переданному.

Коротковолновые радиостанции, обеспечивающие телефонную радиосвязь с одной боковой полосой, имеют ряд существенных преимуществ.

Одним из основных преимуществ однополосной передачи является сужение полосы частот, излучаемой передатчиком, почти вдвое по сравнению с обычной двухполосной радио-

передачей. Благодаря этому в диапазоне коротких волн оказывается возможным обеспечить одновременную работу без взаимных помех значительно большего количества каналов радиосвязи и сделать более избирательными приемные устройства.

Другое преимущество состоит в том, что значительно более эффективно используется мощность передатчика. Поскольку излучение несущей частоты и другой боковой полосы отсутствует, на передачу сообщения расходуется почти полная мощность передатчика. Поэтому радиостанции с однополосной

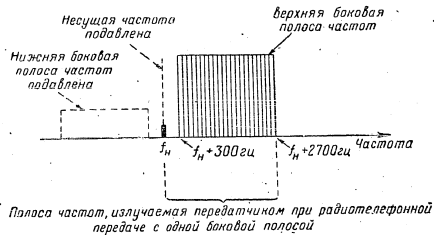


Рис. 68. Однополосная радиотелефонная передача

передачей по крайней мере в восемь раз эффективнее по мощности, чем радиостанции с обычной двухполосной передачей.

Благодаря указанным особенностям радиопередачи с одной боковой полосой дает возможность значительно повысить надежность, экономичность и дальность действия коротковолновых линий радиосвязи. Применительно к подвижным радиостанциям введение радиопередачи с одной боковой полосой позволяет существенно снизить общие габариты и вес аппаратуры.

К недостаткам радиопередачи с одной боковой полосой относят главным образом необходимость обеспечения в передающей и приемной аппаратуре весьма высокой стабильности частоты. Выполнение этого требования связано с некоторым усложнением радиостанции и повышением ее стоимости.

ВОЙСКОВЫЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ СТАНЦИИ

Классификация станций. Применяемые в войсках радиорелейные станции подразделяются на легкие и тяжелые.

Легкие радиорелейные станции обычно работают в диапазоне метровых волн, имеют небольшое количество каналов

уплотнения (2—4 телефонных канала) и допускают небольшое количество ретрансляций (2—4). Обладая малым весом, легкие радиорелейные станции могут перевозиться на автомобилях грузоподъемностью 0,75—1,5 т и другими видами войскового транспорта. Эти радиорелейные станции используются преимущественно в тактических звеньях управления.

Тяжелые радиорелейные станции, используемые в высших звеньях управления, работают в диапазонах дециметровых и сантиметровых волн, допускают уплотнение большим количеством телефонных каналов (50 и более каналов) и большое количество ретрансляций (до 20). Общая протяженность линии составляет несколько сотен километров. Для их перевозки может потребоваться несколько автомобилей грузоподъемностью 2,5—3 т.

По составу аппаратуры и способу ее использования радиорелейные станции подразделяются на оконечные и промежуточные. Оконечные станции непосредственно сопрягаются с телефонными и телеграфными станциями узла связи; каналы связи оконечных станций включаются на коммутационные устройства проводных узлов. Для этого они имеют, кроме приемно-передающих устройств и антенно-фидерных систем, аппаратуру низкой частоты для уплотнения радиоканала и разделения каналов связи. Оконечные станции часто оборудуются одним полукomплектом приемно-передающей аппаратуры.

Промежуточные станции служат для приема сигналов, их усиления и последующей передачи на соседнюю станцию. Они оборудуются двумя одинаковыми полукomплектами высокочастотной и ретрансляционной аппаратуры и антенно-фидерных систем. На промежуточных станциях должен обязательно выделяться один служебный канал для ведения переговоров обслуживающего персонала.

Промежуточные станции иногда оборудуются некоторым количеством низкочастотной аппаратуры для ответвления нескольких каналов связи на отдельных участках радиорелейной линии.

Часто в целях производственной унификации и взаимозаменяемости при эксплуатации состав аппаратуры радиорелейных станций принимается единый для оконечных и промежуточных станций. В этом случае оконечная станция с двумя полукomплектами аппаратуры может быть использована для связи по двум радиорелейным направлениям (рис. 69).

Многоканальность радиорелейной связи достигается уплотнением радиоканала тем или иным числом каналов связи, работающих независимо друг от друга.

Наиболее перспективной системой уплотнения радиоканала является система ЧМ — с частотным уплотнением радиоканала при передаче и разделением каналов связи с помощью частотных фильтров при приеме (рис. 70).

Уплотнение по частоте заключается в том, что частоты отдельных каналов размещаются на разных участках общего диапазона частот и передаются одновременно, а на принимающей стороне разделяются с помощью фильтров. Этот принцип широко применяется в установках дальней телефонной связи по проводам.

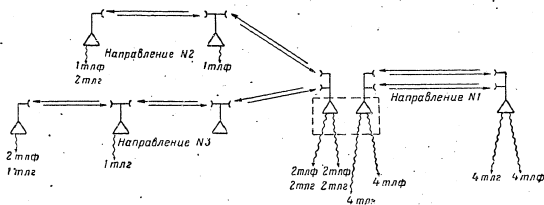


Рис. 69. Схема использования радиорелейных станций

Существуют и другие системы уплотнения радиоканала, которые мы здесь рассматривать не будем.

При частотном разделении каналов спектры различных каналов перемещаются по частоте с помощью модуляции вспомогательных генераторов — так называемых генераторов поднесущих частот. В результате появляются две боковые полосы частот модуляции, из которых выделяется с помощью фильтров только одна (обычно нижняя).

Полученные таким способом боковые полосы частот от каждого канала поступают на общий (групповой) модулятор, который и модулирует несущую частоту передатчика.

На приемной станции после детектирования и расфилтровки каналов получают боковые полосы всех каналов, расположенных в том же порядке, в каком они передавались. Далее с помощью вспомогательного генератора, работающего с частотой, равной поднесущей частоте соответствующего канала при передаче, восстанавливается низкочастотный спектр переданного разговора. Напряжения частот этого спектра после усиления поступают на телефоны абонента (рис. 70 и 71).

Общий вид стойки полукомплекта радиорелейной станции

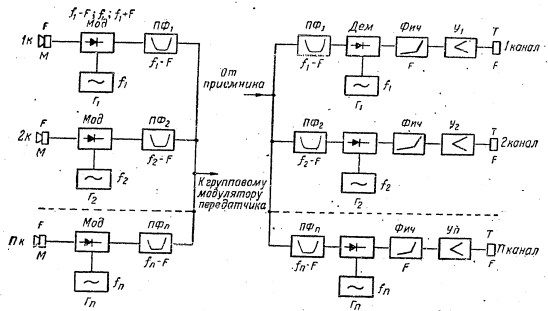


Рис. 70. Блок-схема системы уплотнения многоканальной радиорелейной линии

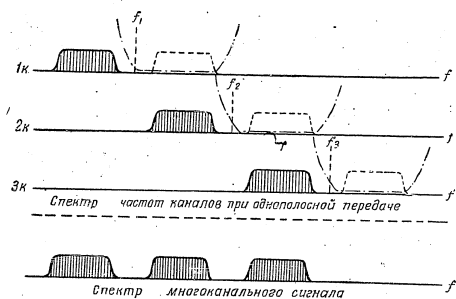


Рис. 71. Спектры частот каналов при однополосной передаче

легкого типа представлен на рис. 72. Общий вид развернутой радиорелейной станции Р-401 показан на рис. 73.

В заключение приведем некоторые характерные типы радиорелейных станций, применяемых в вооруженных силах США.

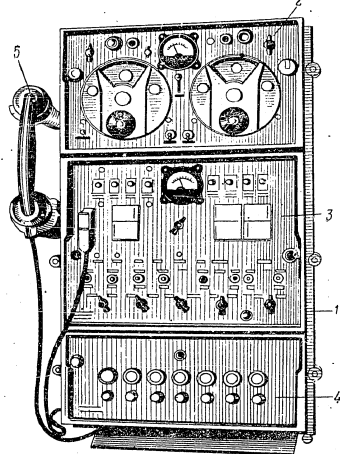


Рис. 72. Стойка полуккомплекта радиорелейной станции легкого типа:
1 — рама; 2 — приемо-передающее устройство; 3 — блок уплотнения; 4 — блок выпрямителей; 5 — микрофонная трубка

Радиорелейная станция типа AN/TRC-24 полустационарная, смонтирована в 17 отдельных упаковках и может перевозиться любым видом транспорта.

Станция относится к типу тяжелых радиорелейных станций. Модуляция частотная. Она рассчитана на работу совместно с аппаратурой высокочастотного телефонирования типа AN/TCC-3 и AN/TCC-5 (на 4 канала) и типа AN/TCC-7 и AN/TCC-8 (на 12 каналов). Используется для связи в корпусном звене управления. Допускает 8—9 ретрансляций с общей дальностью действия до 320 км. Аппаратура работает в диапазоне 100—400 Мгц, разделенном на 400 рабочих частот через 0,5 Мгц и 1 Мгц. Питание от сети переменного тока

Радиорелейная станция AN/GRC-10 легкого типа, автомобильная, четырехканальная, предназначена для связи в тактическом звене управления. Аппаратура работает в метровом диапазоне волн с частотным разделением каналов. Она рассчитана на работу совместно с четырехканальной аппаратурой высокочастотного телефонирования типа AN/TCC-3 и AN/TCC-5.

Диапазон частот 54,0—71,0 Мгц разделен на 170 рабочих частот через 100 кГц. Полоса передаваемых частот — от 300 гц до 20 кГц. Мощность передатчика — около 40 вт; число ретрансляций — не более 4. Дальность действия — до 160 км. Питается от сети переменного тока напряжением 110/220 в ± 10%.

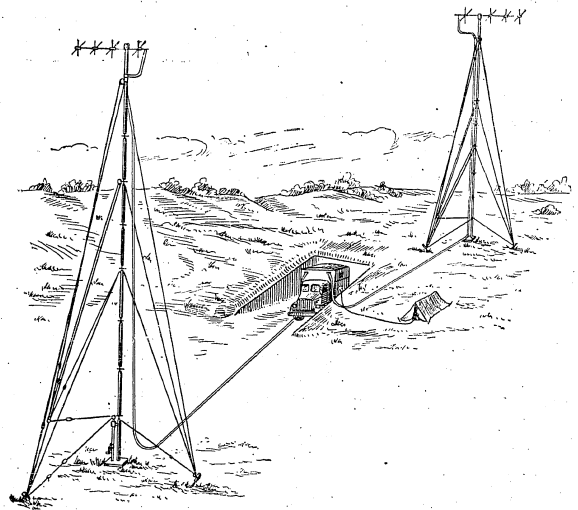


Рис. 73. Общий вид развернутой радиорелейной станции Р-401

напряжением 110/220 в ± 10%. Мощность передатчика изменяется от 10 до 100 вт. Полоса передаваемых частот 300—68 000 гц. Общий вид станции представлен на рис. 74.

Радиорелейная станция тяжелого типа AN/TRC-25 использует сантиметровый диапазон волн и предназначена для связи высших штабов театра военных действий. Допускает уплотнение аппаратурой высокочастотного телефонирования на 96 каналов. Применяется в качестве оконечной и ретрансляционной. Число ретрансляций не более 8, что составляет общую протяженность радиолинии до 500—600 км. Аппаратура станции монтируется в отдельных упаковках. Для работы она должна разворачиваться в помещении.

Автомобильная радиорелейная станция тяжелого типа AN/TRC-29 является одной из новых радиорелейных станций армии США. В ней используется принцип частотной модуляции. Аппаратура работает в дециметровом диапазоне 17,6—12,5 см (1700—2400 Мгц). Имеет 29 рабочих частот, разнесенных через 25 Мгц.

Мощность передатчика 4—8 вт. При использовании аппаратуры высокочастотного телефонирования станции AN/TRC-13 обеспечивают 46 телефонных каналов связи. Вместо

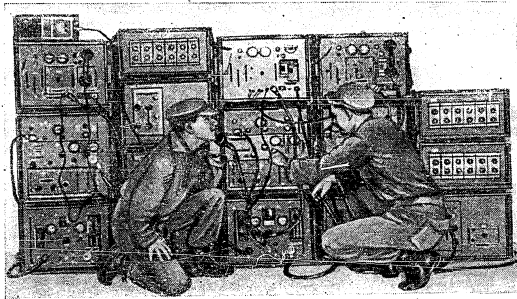


Рис. 74. Общий вид комплекта радиорелейной станции AN/TRC-24

телефонных каналов связи могут передаваться сигналы телевидения, или данные радиолокационных станций, или другие специальные сигналы, требующие канал с шириной полосы от 30 гц до 4,5 Мгц. В качестве антенны используется параболическое зеркало диаметром 2,4 м. Антенным фидером является открытая однопроводная линия, состоящая из медного провода, покрытого тонкой пленкой диэлектрика. Фидерная

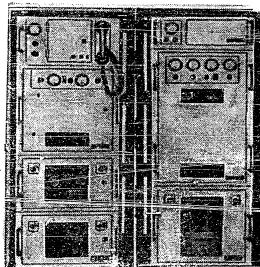


Рис. 75. Общий вид развернутой радиорелейной станции AN/TRC-29

136

линия с обоих концов (у антенны и радиостанции) оканчивается коническими рупорами с переходными устройствами к 50-омной коаксиальной линии. Станция допускает 8—10 ретрансляций. Общая протяженность радиолинии 500—600 км при применении мачты высотой 24 м и 700—800 км при использовании мачты высотой 60 м, также входящей в комплект станции.

Общий вид тяжелой радиорелейной станции в развернутом виде представлен на рис. 75.

ВЫБОР ТРАССЫ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ ЛИНИИ

Трасса радиорелейной линии образуется цепочкой расположенных на местности радиорелейных станций, через которые осуществляется связь в заданном направлении. От правильного выбора трассы, т. е. составляющих ее интервалов (промежутков между соседними станциями), существенно зависит устойчивость и качество радиорелейной связи.

Дальность и надежность радиорелейной связи сильно зависят от таких явлений, как рефракция, дифракция и интерференция радиоволн.

Рефракция радиоволн, проявляющаяся в искривлении траектории радиолучей из-за неоднородностей среды, может либо увеличить дальность радиорелейной связи (при наличии положительной рефракции), либо уменьшить ее (при наличии отрицательной рефракции). При положительной рефракции передаваемые по радиорелейной линии сигналы могут приниматься не только соседними станциями, но и другими станциями через несколько интервалов или находящимися в составе других радиолиний. Для устранения явления рефракции надо изменить частоту связи или переменить место расположения станции.

Дифракция радиоволн, проявляющаяся в огибании радиоволнами кривизны земной поверхности или местных предметов, способствует увеличению дальности радиорелейной связи, особенно при работе на метровых волнах.

Интерференция радиоволн получается как результат наложения друг на друга сигналов, излученных одной станцией, но пришедших в точку приема различными путями. Она возникает вследствие сложения сигналов в основном двух радиоволн (см. рис. 27): поверхностной прямой волны и волны, отраженной от земной поверхности. Это явление сильнее проявляется на дециметровых и сантиметровых волнах, чем на метровых. Качество радиорелейной связи при этом, как правило, ухудшается. Для устранения интерференции надо изменить высоту подъема антенны или сменить место расположения станции.

Оценка интервалов трассы. Промежуток между соседними станциями радиорелейной линии называется интервалом.

Для устойчивости радиорелейной связи необходимо обеспечить прямую видимость на интервалах трассы. Прямая видимость имеет место лишь в том случае, если прямая линия, соединяющая антенны соседних (работающих между собой) станций, не пересекается кривизной Земли, неровностями местности или местными предметами (рис. 76). Величина просвета интервала трассы определяется по наименьшему расстоянию между линией прямой видимости и земной поверхностью (местными предметами). В зависимости от вели-

137

чины просвета интервалы трассы подразделяются на открытые, полуоткрытые и закрытые.

Интервал называется открытым, если величина просвета равна некоторому его оптимальному значению или больше него.

Интервал называется полуоткрытым, если величина просвета меньше некоторого его оптимального значения, но при этом есть прямая видимость.

Интервал называется закрытым, если между антеннами станции нет прямой видимости.

Оптимальная величина просвета зависит от диапазона и равна приблизительно одной шестой части рабочей волны.

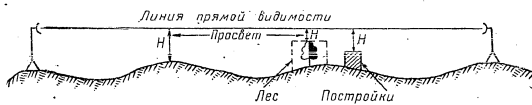


Рис. 76. К пояснению прямой видимости и величины просвета

Для радиорелейных линий дециметрового и сантиметрового диапазонов требуются открытые интервалы трассы. Радиорелейные линии метрового диапазона могут работать на полуоткрытых и даже закрытых интервалах трассы. Однако качество связи при этом снижается.

Препятствия на интервале трассы вносят ослабление сигнала в точке приема. При этом ослабление сигнала будет тем больше, чем ближе расположение станций к этим препятствиям.

Порядок выбора трассы. Трасса радиорелейной линии определяется выбором пунктов расположения конечных и промежуточных станций на местности. Пункты расположения радиорелейных станций надо выбирать так, чтобы обеспечивалась наибольшая протяженность интервалов прямой видимости. Чем больше длина интервалов, тем меньше потребуются станции для заданной линии связи.

Для выбора интервалов трассы радиорелейной линии рекомендуется пользоваться топографическими картами масштаба 1:50 000; 1:100 000 и в случае большой протяженности трассы — 1:200 000. По карте в направлении намечаемого наведения радиолинии определяются пункты расположения конечных и промежуточных станций, оцениваются интервалы трассы. Пункты расположения станций должны выбираться с учетом обеспечения открытых интервалов, удобства развертывания и маскировки элементов станций, защиты аппаратуры от средств поражения, быстрой подачи

каналов связи к элементам пункта управления и возможности снабжения станций и личного состава всем необходимым для нормальной работы.

Выбранные пункты расположения станций на карте соединяют между собой прямыми линиями, на которых затем наносят наиболее возвышенные точки местности и при помощи несложных расчетов определяют, насколько трасса является открытой или закрытой.

Для станций, работающих на метровых волнах, превышение возвышенных точек местности на несколько метров над линией прямой видимости не ухудшает качества связи. Для станций же дециметрового и сантиметрового диапазонов необходимо вычерчивать профили местности на каждом интервале и более точно оценивать интервалы трассы. Обычно профиль местности вычерчивается на специальных бланках. Эти бланки имеют сетку, учитывающую высоту дуги кривизны земной поверхности. При отсутствии такого бланка необходимо построить дугу кривизны земной поверхности и нанести на нее в масштабе все основные высоты и местные предметы, находящиеся на интервале трассы связи.

После выбора трассы и оценки ее интервалов по карте при наличии времени необходимо произвести рекогносцировку местности с целью выяснения дорог и подъездов к пунктам расположения станций, уточнения высоты местных предметов на интервалах, определения площадок для расположения станций и подачи соединительных линий к потребителям каналов радиорелейных линий связи.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ СВЯЗИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СВЯЗИ ВО ВСЕХ ЗВЕНЬЯХ УПРАВЛЕНИЯ

Общее представление о комплексном использовании различных средств связи в различных звеньях управления можно получить из схематической диаграммы (рис. 77), где представлена организация связи, принятая в войсках США.

Основным принципом построения связи в армии США является так называемая интегральная сеть, которая должна обеспечивать прямой телефонный канал от передового патруля до верховного главнокомандующего, телеграфную абонентскую буквопечатающую связь от батальона, корабля, тяжелого самолета до штаба объединенного командования и, кроме того, иметь необходимое количество каналов для передачи данных автоматических счетно-решающих систем, телевидения и быстродействующего фототелеграфа.

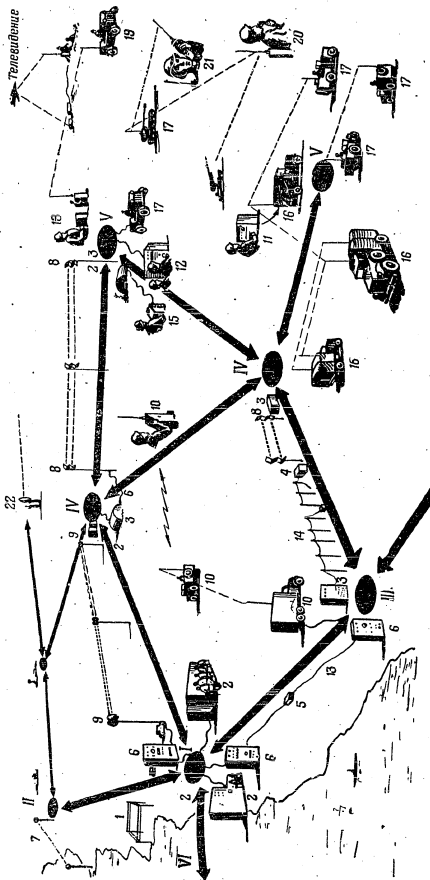


Рис. 77. Принципиальная схема комплексного использования всех современных средств связи для управления войсками:

I — штаб театра военных действий; II — штаб оперативно-тактического командования; III — штаб армии; IV — штаб корпуса; V — штаб дивизии; VI — штаб высшего командования; I — молниеносная радиостанция; 2, 3, 4, 6 — аппаратура высокочастотного уплотнения; 5 — антенный усилитель; 7, 8, 9 — радиорелейные станции; 10 — средства радиорелейной связи; 11, 12 — коммутаторы; 13 — ползунковый кабель; 14 — воздушный кабель; 15 — ролонный аппарат; 16 — легкие радиорелейные станции; 17 — автомобильные радиостанции УКВ; 18, 19 — артиллерийские радиостанции; 20, 21 — переносные радиостанции УКВ; 22 — радиолокатор.

На рис. 77 принята следующая классификация основных сетей связи: сеть связи высшего командования с театрами военных действий, сеть связи командующего театром военных действий вниз к начальникам тактических звеньев сухопутных, воздушных и морских сил; боевые или тактические сети связи, в которых усматриваются два основных типа боевых связей: один — до уровня полковых, имеющий более или менее административный характер, а другой — от уровня полковых вниз, который представляет собой сеть управления огнем и маневром.

Из схемы рис. 77 видно, что связь высшего командования с театром военных действий поддерживается мощными коротковолновыми радиостанциями AN/FRC-11, -12, при этом используется буквопечатание, аппаратура уплотнения, работа на одной боковой полосе частот.

Связь командования театра военных действий со штабами армий и военно-воздушных сил театра поддерживается по 4-жильному подземному кабелю CG-456/U с помощью аппаратуры высокочастотного уплотнения AN/TCC-10 с применением усилительных подстанций AN/TCC-9.

Для связи штабов театра военных действий и армий с подчиненными им соединениями применяется также аппаратура высокочастотного уплотнения AN/TCC-4, -7, -8, -10, работающая по воздушному, 4-жильному кабелю. В этом звене используются также радиорелейные линии: 24-канальная AN/TRC-25, 12-канальная AN/TRC-24 и 4-канальная AN/TRC-16.

Связь корпусов с дивизиями осуществляется с помощью 12-канальных радиорелейных станций AN/TRC-24 с аппаратурой уплотнения AN/TCC-4 и AN/TCC-7. В этом звене применяется также связь на ультракоротковолновых радиостанциях мощностью 15—20 вт типа AN/GRC-10, снабженных радиоретрансляционными устройствами. Они могут подключаться к полевым коммутаторам и через них связываться со всеми абонентами проводной сети.

Телеграфная передача ведется с помощью легких ролонных телеграфных аппаратов AN/PGC-1.

В дивизионные узлы связи входят также радиостанции AN/GRC-3,8 с танковым или пехотным диапазоном частот и коротковолновые радиостанции AN/PRC-18 и AN/GRC-19.

Для связи в низовых войсковых звеньях батальон — рота — взвод, танковый батальон, артиллерийская батарея используются ранцевые радиостанции AN/PRC-8, -9, -10, работающие на трех различных участках УКВ диапазона (танковом, артиллерийском и пехотном), и ручные радиостанции AN/PRC-6. Для выполнения требований интегральности связи в тактическом звене широко используется подключение радиостанции к проводным коммутаторам, что обеспечивает воз-

можность связи через проводной или радиоканал с любого телефонного аппарата, подключенного к одному коммутатору, с любым аппаратом, подключенным к другому коммутатору.

В представленной диаграмме необходимо особо отметить взаимную увязку различных средств связи. Так, аппаратура высокочастотного уплотнения проводных кабельных линий легко и просто сопрягается с многоканальными радиорелейными станциями. Телеграфная аппаратура, работающая тональными посылками, использует те же проводные линии, линейные усилители и коммутаторы, что и телефонная аппаратура.

ГЛАВА VI

СРЕДСТВА РАДИОСВЯЗИ И РАДИОНАВИГАЦИИ АВИАЦИИ

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ

Управление авиацией, задачи связи и радионавигации. Управление авиацией должно обеспечить организацию, подготовку и ведение боевых действий в интересах точного и своевременного выполнения боевой задачи. Оно включает поддержание постоянной боевой готовности, своевременную постановку авиационным частям и подразделениям боевых задач, организацию непрерывного взаимодействия с другими видами вооруженных сил, постоянное руководство в ходе боевых действий, контроль за выполнением приказов и распоряжений, а также бесперебойное материальное и техническое обеспечение.

Управление авиацией в современных условиях характеризуется строгой централизацией и сложностью.

Значительно возросла также роль авиационных командиров и штабов в конкретном руководстве боевыми действиями авиации.

Авиационный штаб — орган управления авиацией. Основные обязанности авиационного штаба: подготовка данных для принятия решения авиационным командиром, оформление решений командира, проверка их выполнения, организация непрерывного управления боевыми действиями, в том числе организация связи, радиолокационного и радионавигационного обеспечения.

В настоящее время невозможно управлять боевыми действиями авиации без надежно действующей связи. Только при ее помощи авиационное командование постоянно поддерживает необходимый контакт между всеми авиационными соединениями и частями, а также с взаимодействующими войсками, участвующими в боевых действиях.

Перед войсками связи военно-воздушных сил в современных условиях стоят весьма ответственные и сложные задачи.

Важнейшей из них является обеспечение немедленного доведения решения авиационного командира до подчиненных и передачи донесений старшему начальнику.

Необходимость обеспечения жесткой централизации руководства боевыми действиями авиации зачастую требует ведения прямых переговоров командования через несколько инстанций (например, командира авиационного соединения непосредственно с экипажем самолета), что достигается соответствующей организацией связи.

Не менее важной задачей является также организация и поддержание связи между взаимодействующими частями (подразделениями) авиации и частями (подразделениями) сухопутных войск и военно-морского флота при выполнении ими общей задачи. При этом следует учитывать, что согласование действий многих частей и соединений различных родов войск и видов вооруженных сил требует особенно большой четкости в работе связи. Поскольку в различные периоды боя взаимодействующие войска решают различные задачи, связь между ними должна быть организована так, чтобы обеспечить взаимодействие войск на всех этапах боя и операции.

Кроме того, на связь в авиации возлагается обеспечение управления тыловыми авиационными частями и учреждениями, а также обеспечение быстрой и четкой передачи сигналов и донесений об атомной, химической, воздушной и танковой опасности.

Таким образом, в военно-воздушных силах в полном объеме создается самостоятельная система связи со своими силами и средствами.

Переходя к рассмотрению требований, предъявляемых к связи в авиации, следует прежде всего указать на необходимость достижения непрерывности связи как на важнейшее условие обеспечения управления боевыми действиями авиации.

Сверхзвуковые скорости полета современных самолетов, возможность стремительного изменения воздушной обстановки предъявляют к непрерывности связи исключительно высокие требования. В этих условиях перерыв связи, даже на небольшой срок, может привести к нарушению управления авиацией со всеми вытекающими отсюда последствиями. Поэтому связь должна быть непрерывной при любых изменениях воздушной обстановки на всю глубину полета авиации, что достигается прежде всего умелым использованием всех имеющихся средств связи в соответствии с обстановкой, умелым и своевременным маневрированием рабочими частотами радиостанций.

Следующим важным требованием является обеспечение скрытности передач и переговоров. При современных средствах

144

разведки даже незначительные нарушения правил скрытности управления могут доставить противнику очень ценные сведения. Необходимо учитывать, что в условиях боевых действий авиации работа средств связи может послужить источником ценной информации для разведки противника. Поэтому в период подготовки и проведения наиболее ответственных заданий работа самолетных радиостанций, безусловно, должна быть строго ограничена, а для отдельных авиационных частей и подразделений полностью запрещена.

Полеты и боевые действия современной авиации немислмы как без связи, так и без радионавигационного обеспечения.

Сбор групп самолетов в воздухе, выход их на исходные и конечные пункты маршрутов, самолетовождение по маршрутам, пролет линии фронта на определенных участках, выход в районы целей и на цели, заход и расчет на посадку самолетов в различных метеорологических условиях осуществляются с использованием самолетных и наземных средств радионавигационного обеспечения.

Кроме того, для обеспечения боевых действий авиации применяются также средства радиолокационного обеспечения.

Радиолокационное обеспечение заключается в применении радиолокационных средств для обнаружения и определения местонахождения самолетов и беспилотных средств нападения, а также для наведения на них боевых средств авиации.

Для надежного управления авиацией организуется комплексное применение связи, радионавигационных и радиолокационных средств, дополняющих друг друга, причем в этом комплексе технических средств управления авиацией ведущее место принадлежит связи.

СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ

Для непрерывного управления авиацией в настоящее время применяются средства связи, радиолокации, радионавигации, вычислительной техники и средства технической документации (магнитофонная запись и др.).

Эти средства могут быть самолетными и наземными. Средства связи в авиации делятся на средства электрической связи, подвижные средства связи и средства сигнализации.

Средства электрической связи служат для передачи на расстояние текста, речи и изображений при помощи электрической энергии. По сравнению с другими средствами они обладают наибольшими возможностями по передаче инфор-

10-2394

145

Важнейшей из них является обеспечение немедленного доведения решения авиационного командира до подчиненных и передачи донесений старшему начальнику.

Необходимость обеспечения жесткой централизации руководства боевыми действиями авиации зачастую требует ведения прямых переговоров командования через несколько инстанций (например, командира авиационного соединения непосредственно с экипажем самолета), что достигается соответствующей организацией связи.

Не менее важной задачей является также организация и поддержание связи между взаимодействующими частями (подразделениями) авиации и частями (подразделениями) сухопутных войск и военно-морского флота при выполнении ими общей задачи. При этом следует учитывать, что согласование действий многих частей и соединений различных родов войск и видов вооруженных сил требует особенно большой четкости в работе связи. Поскольку в различные периоды боя взаимодействующие войска решают различные задачи, связь между ними должна быть организована так, чтобы обеспечить взаимодействие войск на всех этапах боя и операции.

Кроме того, на связь в авиации возлагается обеспечение управления тыловыми авиационными частями и учреждениями, а также обеспечение быстрой и четкой передачи сигналов и донесений об атомной, химической, воздушной и танковой опасности.

Таким образом, в военно-воздушных силах в полном объеме создается самостоятельная система связи со своими силами и средствами.

Переходя к рассмотрению требований, предъявляемых к связи в авиации, следует прежде всего указать на необходимость достижения непрерывности связи как на важнейшее условие обеспечения управления боевыми действиями авиации.

Сверхзвуковые скорости полета современных самолетов, возможность стремительного изменения воздушной обстановки предъявляют к непрерывности связи исключительно высокие требования. В этих условиях перерыв связи, даже на небольшой срок, может привести к нарушению управления авиацией со всеми вытекающими отсюда последствиями. Поэтому связь должна быть непрерывной при любых изменениях воздушной обстановки на всю глубину полета авиации, что достигается прежде всего умелым использованием всех имеющихся средств связи в соответствии с обстановкой, умелым и своевременным маневрированием рабочими частотами радиостанций.

Следующим важным требованием является обеспечение срочности передач и переговоров. При современных средствах

разведки даже незначительные нарушения правил скрытности управления могут доставить противнику очень ценные сведения. Необходимо учитывать, что в условиях боевых действий авиация работа средств связи может послужить источником ценной информации для разведки противника. Поэтому в период подготовки и проведения наиболее ответственных заданий работа самолетных радиостанций, безусловно, должна быть строго ограничена, а для отдельных авиационных частей и подразделений полностью запрещена.

Полеты и боевые действия современной авиации немислимы как без связи, так и без радионавигационного обеспечения.

Сбор групп самолетов в воздухе, выход их на исходные и конечные пункты маршрутов, самолетовождение по маршрутам, пролет линии фронта на определенных участках, выход в районы целей и на цели, заход и расчет на посадку самолетов в различных метеорологических условиях осуществляются с использованием самолетных и наземных средств радионавигационного обеспечения.

Кроме того, для обеспечения боевых действий авиации применяются также средства радиолокационного обеспечения.

Радиолокационное обеспечение заключается в применении радиолокационных средств для обнаружения и определения местонахождения самолетов и беспилотных средств нападения, а также для наведения на них боевых средств авиации.

Для надежного управления авиацией организуется комплексное применение связи, радионавигационных и радиолокационных средств, дополняющих друг друга, причем в этом комплексе технических средств управления авиацией ведущее место принадлежит связи.

СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ

Для непрерывного управления авиацией в настоящее время применяются средства связи, радиолокации, радионавигации, вычислительной техники и средства технической документации (магнитофонная запись и др.).

Эти средства могут быть самолетными и наземными. Средства связи в авиации делятся на средства электрической связи, подвижные средства связи и средства сигнализации.

Средства электрической связи служат для передачи на расстояние текста, речи и изображений при помощи электрической энергии. По сравнению с другими средствами они обладают наибольшими возможностями по передаче инфор-

машины на самолет и обратно. Они удобны в обращении, имеют большую скорость действия.

Радиосвязь — основное средство управления авиацией. За основное средство связи в авиации в каждом конкретном случае принимается то, которое по своим свойствам в состоянии наиболее полно обеспечить управление авиацией и взаимодействие ее с сухопутными войсками и флотом.

Для связи между авиационными пунктами управления в основном применяются средства радиосвязи.

Для управления экипажами самолетов радиосвязь имеет исключительное значение. Известно, что для этого можно использовать как радиосвязь, так и сигнализацию. Однако на современном этапе технического развития сигнализация не дает полноты управления и имеет ограниченную дальность действия. Вследствие этого радиосвязь является основным и в большинстве случаев единственным средством управления авиацией в воздухе.

При организации радиосвязи с самолетами и авиационными командными пунктами необходимо учитывать как ее положительные свойства, так и недостатки.

К положительным свойствам радиосвязи относится возможность быстро устанавливать и бесперебойно поддерживать связь с самолетами в воздухе и другими объектами и между пунктами управления, а также передавать распоряжения (сообщения) циркулярно во многие пункты, расположенные в пределах дальности действия радиосвязи.

Наиболее существенные недостатки радиосвязи — возможность создания противником помех радиоприему, перехват передач и раскрытие по их содержанию замыслов командования, пеленгация работающих самолетных радиостанций с целью установления района расположения командных пунктов и аэродромов, а также самолетов в воздухе и маршрутов их полета. Поэтому при использовании радиосвязи необходимо соблюдать меры маскировки и радиодисциплины.

Для организации связи в авиации используются не только средства радиосвязи, но и стационарная аппаратура и проводные линии связи.

Связь с самолетами устанавливается непосредственно с радиостанции, если применяются только средства радиосвязи, и с рабочих мест авиационных командиров, если применяются также стационарные средства и проводные линии связи.

В зависимости от оконечной аппаратуры радиосвязь может быть телефонной, телеграфной, фототелеграфной и др.

Радиотелефонная связь осуществляется с помощью оконечных устройств телефонной связи, смонтированных на ра-

диостанциях, или с помощью выносных устройств. Она применяется преимущественно для передачи команд, коротких приказаний, распоряжений и донесений. Радиотелефонная связь по сравнению с радиотелеграфной обладает при современных авиационных средствах радиосвязи меньшей дальностью, однако она обеспечивает большую полноту и скорость передачи информации и поэтому наиболее удобна для связи с самолетами. Для связи с одноместными самолетами радиотелефонная связь является основной.

Радиотелеграфная связь бывает буквопечатающая, быстродействующая, сверхбыстродействующая и слуховая.

В буквопечатающей связи используется телеграфная буквопечатающая аппаратура, а в быстродействующей и сверхбыстродействующей связи — аппаратура автоматической передачи и записи принимаемых сигналов, при слуховой связи ведется передача телеграфным ключом и прием на слух.

Радиотелеграфная буквопечатающая и быстродействующая связь применяется главным образом между авиационными пунктами управления, слуховая радиотелеграфная связь — на земле и для связи с землей с многоместными самолетами, в состав экипажа которых входит радист.

Дальность действия всех видов радиосвязи в основном определяется мощностью передатчиков, чувствительностью и избирательностью приемников, условиями распространения волн, типом применяемых антенных устройств, уровнем помех в месте радиоприема и квалификацией обслуживающего персонала. Наибольшая дальность радиосвязи с самолетами достигается при слуховой радиотелеграфной связи, так как прием на слух может вестись при значительных радиопомехах.

В зависимости от устройства и применяемых средств радиосвязь в авиации между двумя пунктами может быть односторонней, двусторонней, прямой, через промежуточные пункты, одноканальной, многоканальной, симплексной, дуплексной или полудуплексной.

В зависимости от обстановки, выполняемых задач и наличия сил и средств радиосвязь в авиации, так же как и в сухопутных войсках, организуется по радиосетям и радионаправлениям.

Средства радионавигации. По принципу действия радионавигационные средства и системы подразделяются на угломерные, дальномерные, равнодно-дальномерные и угломерно-дальномерные.

Угломерные радионавигационные системы обеспечивают определение только направления (азимута) на самолет. Они подразделяются:

— на системы, в которых наземными средствами служат приводные¹ и радиовещательные радиостанции, а самолетным навигационным устройством — радиоконпас;

— на системы, в которых наземными средствами служат приемные радиостанции направленного действия, радиопеленгаторы, а в качестве самолетного навигационного устройства используется связная радиостанция;

— на системы, в которых наземными средствами служат передающие радиостанции направленного действия — радиомаяки, а самолетным навигационным устройством — специальное приемное устройство с индикатором.

Угломерные радионавигационные системы непосредственно предназначены для определения пеленгов — линий положения самолета, которые затем используются для определения места самолета (координат самолета), путевого угла, путевой скорости и других навигационных элементов полета.

Дальномерные радионавигационные системы служат для определения места самолета с высокой точностью и используются для обеспечения самолетовождения и бомбометания.

Разностно-дальномерные радионавигационные системы предназначены для определения места самолета и используются для контроля пути определением линии положения и места самолета, для вывода самолета в район цели или аэродрома, а также для определения угла сноса и путевой скорости.

Угломерно-дальномерные радионавигационные системы предназначены для определения направления и расстояния до самолета и используются для контроля пути определением линии положения и места самолета, вывода самолетов в районы целей и на аэродромы посадки, а также для обеспечения посадки самолетов в комплексе со светотехническим оборудованием аэродромов.

САМОЛЕТНЫЕ РАДИОСТАНЦИИ

По диапазонам волн самолетные радиостанции подразделяются на коротковолновые, ультракоротковолновые и радиостанции комбинированного диапазона.

На самолетах истребительной авиации и на вертолетах устанавливаются ультракоротковолновые радиостанции. Они применяются для связи как самолетов или вертолетов с авиационными командными пунктами, так и между самолетами или вертолетами в воздухе.

¹ Приводными радиостанциями называются радиостанции, обеспечивающие с помощью самолетного радиоконписа привод самолетов в пункт их дислокации.

На самолетах бомбардировочной и военно-транспортной авиации устанавливают:

— ультракоротковолновые радиостанции для связи между самолетами в воздухе, управления взлетом и посадкой и при полетах в районе аэродрома;

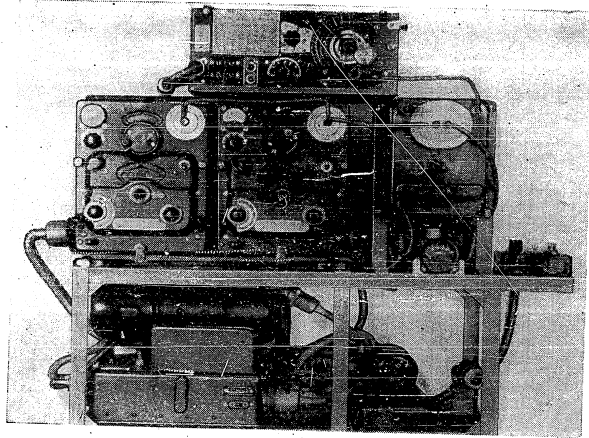


Рис. 78. Внешний вид самолетной радиостанции Р-805

— коротковолновые радиостанции для связи с авиационными командными пунктами на большие расстояния;

— аварийные средневолновые и ультракоротковолновые радиостанции для подачи сигналов бедствия при вынужденной посадке самолета.

Кроме того, на все современные многоместные самолеты устанавливают самолетные переговорные устройства, с помощью которых члены экипажа могут вести внутрисамолетные переговоры и выходить на внешнюю связь.

Радиостанции коротковолнового диапазона. На рис. 78 представлен внешний вид коротковолновой самолетной радиостанции Р-805. Другим примером подобной радиостанции может служить радиостанция SCR-274, применяющаяся на бомбардировщиках ближнего действия авиации США. Эта радиостанция является приемно-передающей теле-

фонно-телеграфной симплексной радиостанцией, предназначенной для двухсторонней связи экипажа самолета с авиационными командными пунктами и между самолетами в полете.

В комплект радиостанции обычно входят:

- передатчик, состоящий из двух или трех блоков высокой частоты;
- приемник;
- силовой элемент, на котором размещаются умформер для питания передатчика, модулятор и звуковой генератор с выпрямителем смещения;
- антенный элемент, служащий для коммутации самолетной антенны с приема на передачу и обратно, установки и контроля частоты генерируемых колебаний (с помощью кварцевого калибратора), индикации настройки генератора и контроля своей работы в телефонном и телеграфном режимах;
- пульт управления радиостанцией, совмещенный с телеграфным ключом;
- умформер для питания приемника, самолетная антенна, соединительные провода и кабели.

При работе с аэродромными радиостанциями на правильно выбранных частотах радиостанция обеспечивает дальности, измеряющиеся несколькими сотнями километров. Питается радиостанция от бортовой сети самолета.

Радиостанция комбинированного диапазона. На самолетах-бомбардировщиках дальнего действия вместо коротковолновой радиостанции SCR-274 устанавливается радиостанция AN/ARC-8 диапазона средних и коротких волн для двухсторонней радиосвязи самолетов с авиационными командными пунктами.

На подобранных волнах дальность радиосвязи с авиационными командными пунктами достигает трехсот километров в телефонном режиме и двух — трех тысяч километров в телеграфном режиме.

Радиостанция питается от бортовой сети постоянного тока напряжением 28 в.

Средневолновая аварийная радиостанция. Для автоматической подачи сигналов бедствия SOS, а также для привода самолетов к месту вынужденной посадки в авиации США применяется средневолновая аварийная радиостанция AN/CRT-3 (рис. 79). Она позволяет вести телеграфную радиопередачу и осуществлять световую сигнализацию.

В комплект такой радиостанции входят:

- передатчик для автоматической передачи сигналов бедствия и передачи ключом любых телеграфных сигналов;
- сигнальная лампа для кодированной передачи световых сигналов по телеграфной азбуке;

- выпускная антенна;
 - парашют и вспомогательное оборудование (воздушный змей или резиновый шар для подъема антенны, водородный генератор и коллектор для наполнения шара водородом).
- Радиостанция размещается в двух упаковках: в одной помещаются все элементы радиостанции, а в другой — парашют.

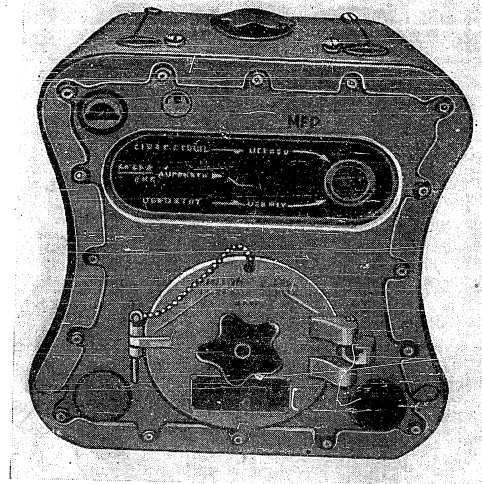


Рис. 79. Самолетная аварийная средневолновая радиостанция

Радиостанция ультракоротковолнового диапазона. На самолетах ближнего действия авиации США устанавливается четырехкнопочная приемно-передающая телефонная полудуплексная радиостанция SCR-522, настраиваемая заранее на земле перед вылетом на 4 волны. Она обеспечивает жесткую бесподстроечную радиосвязь благодаря кварцевой стабилизации частоты как задающего генератора передатчика, так и гереродина приемника.

В комплект радиостанции входят следующие элементы:

- передатчик;

- приемник;
- пульт управления;
- преобразователь энергии постоянного тока бортовой сети самолета в переменный ток напряжением 115 в, частотой 400 гц;
- блок селеновых выпрямителей;
- самолетная антенна;
- комплект сменных кварцев для передатчика и приемника;
- измерительный блок для настройки радиостанции.

Передатчик состоит из четырех каскадов высокой частоты: задающего генератора, первого и второго утроителей частоты и усилителя мощности. Он имеет кварцевую стабилизацию частоты. Выходной каскад-усилитель работает на антенну, связанную индуктивно с антенным фидером через реле, переключающее антенну с передачи на прием.

Модуляция в передатчике амплитудная. Передатчик может работать на одной из четырех заранее настроенных частот. Нужная частота выбирается нажатием соответствующей кнопки на пульте дистанционного управления.

Радиоприемник — телефонный супергетеродин с кварцевой стабилизацией частоты. Кварцевый генератор и умножитель образуют гетеродин приемника, работающий на частоте, соответствующей одной из гармоник кварца. Приемник заранее настраивается на четыре фиксированные частоты.

Управление приемником дистанционное с пульта управления радиостанции.

Рабочие частоты устанавливаются включением в передатчик и приемник соответствующих кварцев и последующей настройкой радиостанции.

Дальность двухсторонней радиосвязи самолетов с авиационными командными пунктами и между самолетами в воздухе зависит от высоты полета самолетов и от типов наземных радиостанций.

Время перехода в полете с одной из четырех заранее набранных частот на другую не превышает нескольких секунд. Радиостанция питается от бортовой сети самолета.

На рис. 80 представлена отечественная радиостанция, подобная описанной.

Ниже приведены некоторые образцы самолетных радиостанций авиации США, во многом отличающихся от описанных.

Ультракоротковолновая радиостанция AN/ARC-3 (рис. 81) применяется для командной связи самолет — самолет и самолет — земля. Аппаратура станции предназначена для установки на истребителях, бомбардировщиках и на военно-транспортных самолетах.

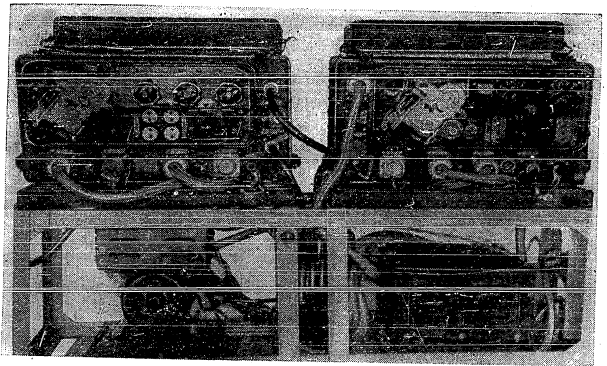


Рис. 80. Ультракоротковолновая самолетная радиостанция Р-800

В комплект радиостанции входят: передатчик, приемник, пульт дистанционного управления, самолетная антенна и эксплуатационное имущество.

Радиостанция обеспечивает телефонную и телеграфную связь с амплитудной модуляцией. Она может заранее настраиваться на 8 фиксированных волн. Для перехода с одной волны на другую нажимают соответствующие кнопки на передней панели пульта. Для перехода с приема на передачу достаточно нажать кнопку на микрофоне.

Ультракоротковолновая самолетная радиостанция AN/ACR-27 (рис. 82) применяется для командной связи самолет — самолет, самолет — земля и самолет — корабль.

В комплект радиостанции входят: приемопередатчик с имеющимся в нем дежурным (аварийным) приемником, главный пульт дистанционного управления, пульт управления летчика, самолетная антенна и источники питания.

Радиостанция обеспечивает телефонную связь с амплитудной модуляцией, а также связь тональным телеграфом.

Станция позволяет осуществлять предварительную настройку на 18 фиксированных волн с помощью главного пульта дистанционного управления. Радиостанция постоянно обеспечивает прием аварийных сигналов на одной фиксиро-

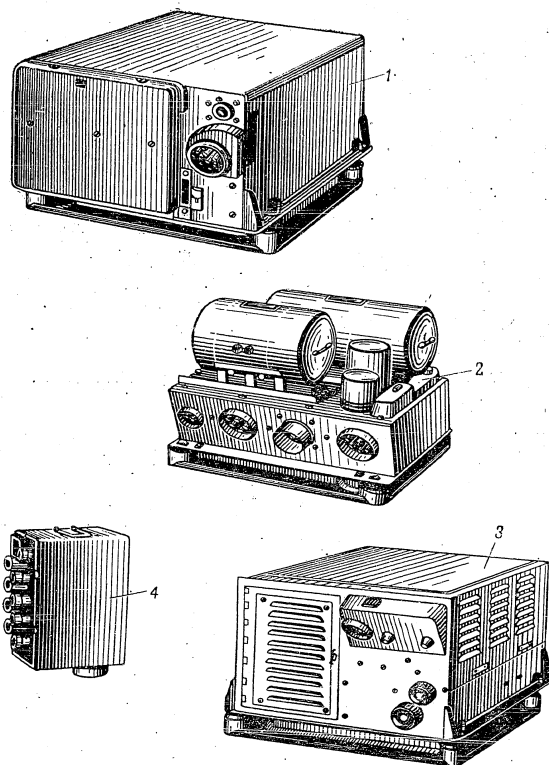


Рис. 81. Радиостанция AN/ARC-3:
1 — приемник; 2 — блок питания; 3 — передатчик; 4 — пульт управления

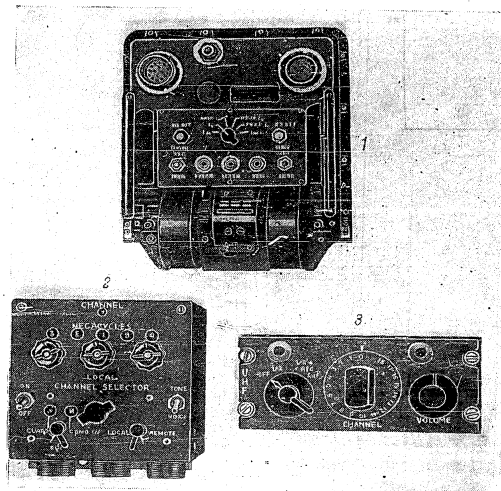


Рис. 82. Ультракотковолновая самолетная радиостанция AN/ACR-27:

1 — приемопередатчик; 2, 3 — пульты управления

ванной волне независимо от рабочей частоты и режима работы.

Аварийная ультракотковолновая радиостанция AN/URC-4 предназначена для подачи сигналов бедствия земля — самолет в случае аварии или вынужденной посадки самолета.

Станцией снабжаются экипажи истребителей и бомбардировщиков ближнего действия.

В комплект радиостанции входят приемопередатчик, блок питания и соединительный кабель.

Радиостанция работает на двух фиксированных частотах в диапазоне УКВ и обеспечивает симплексную работу на прием и передачу телефоном и тональным телеграфом.

Антенной радиостанции является телескопический полуволновый вибратор.

Дальность связи с самолетом, пролетающим на высоте 3000 м, составляет 130 км.

АВИАЦИОННЫЕ НАЗЕМНЫЕ РАДИОСТАНЦИИ

Наземные приемно-передающие радиостанции в авиации применяются как для связи с самолетами, так и для связи в наземных радиосетях штабов и авиационных командных пунктов соединений и частей.

Для связи с самолетами в настоящее время применяются:

- коротковолновые радиостанции для дальней радиосвязи с самолетами бомбардировочной и военно-транспортной авиации;

- ультракоротковолновые радиостанции для командно-стартовой радиосвязи во всех родах авиации и для дальней связи с самолетами истребительной авиации.

Для связи в наземных радиосетях применяются:

- коротковолновые и ультракоротковолновые радиостанции для связи между авиационными пунктами управления;
- ультракоротковолновые радиостанции для связи внутри аэродромных узлов и аэродромов.

Кроме того, для обеспечения взаимодействия авиации с сухопутными войсками и наведения авиации на наземные цели применяются радиостанции комбинированного диапазона (ультракоротких и коротких волн).

Коротковолновые радиостанции. Автомобильная радиостанция дальней связи предназначена для телефонно-телеграфной радиосвязи с самолетами, а также для связи между авиационными командными пунктами. Это приемно-передающая симплексно-полудуплексно-дуплексная радиостанция. Она может работать телефоном, телеграфом и фото-телеграфом.

Внешний вид автомобильной коротковолновой радиостанции дальней связи приведен на рис. 83.

В комплект радиостанции входят:

- передатчик;
- два приемника;
- центральный пульт управления, служащий для управления радиостанцией непосредственно из автомобиля;
- выносной пульт управления и выносной приемный пункт, предназначенные для дистанционного управления радиостанцией;
- антенны;
- система питания радиостанции, состоящая из электрической станции, комплекта выпрямителей и аккумуляторов;
- вспомогательное и запасное имущество.

Все элементы радиостанции размещаются в кузове автомобиля.

Дальность связи радиостанции с однотипной радиостанцией в телефонном режиме достигает нескольких сот кило-

метров, в телеграфном режиме на оптимальных частотах — нескольких тысяч километров.

Питается радиостанция переменным напряжением 115 в, частотой 50—60 гц. Может быть использована также внешняя сеть переменного тока.

Ультракоротковолновые радиостанции. Радиостанция ближней связи SCR-542 является приемно-передающей телефонной радиостанцией, предназначенной для двухсторонней связи с самолетными и наземными радиостанциями соответствующего диапазона.

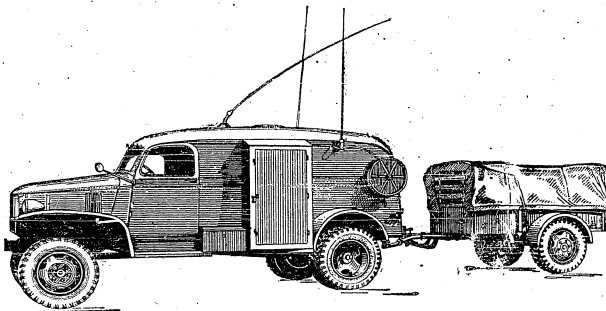


Рис. 83. Наземная автомобильная коротковолновая радиостанция дальней связи (SCR-499, США)

Радиостанция выполнена на базе самолетной четырехкнопочной радиостанции SCR-522.

В комплект радиостанции входят следующие элементы:

- приемно-передающая стойка, содержащая передатчик, приемник и блок управления;
- устройство, обеспечивающее переход с приема на передачу и обратно, громкоговорящий прием и передачу, перестройку станции в пределах заранее выбранных четырех фиксированных частот и служебные телефонные переговоры;
- антенное устройство в составе диско-конусной антенны, поднимаемой на телескопической мачте, и штыря с малым волновым сопротивлением, устанавливаемого на крыше автомобиля;
- силовое оборудование;
- запасное имущество.

Радиостанция заранее настраивается на 4 частоты, причем переход с одной частоты на другую осуществляется автоматически с помощью кнопочного переключателя, расположенного на блоке управления или на выносном пульте управления. Стабилизация частоты кварцевая.

Дальность связи с однотипной радиостанцией на среднепересеченной местности — до 35—40 км. Дальность связи с самолетами на высоте полета 10 000 м составляет 300 км, на высоте полета 1000 м — 80 км.

Станция обеспечивает бесперебойную и бесподстроечную связь и работает только в телефонном режиме.

Все элементы радиостанции монтируются на автомобиле или в специальных упаковках.

Для развертывания радиостанции требуется площадка размером 10×10 м. Для укрытия радиостанции необходим котлован с аппаратурой под автомобиль или блиндаж.

Пульт дистанционного управления радиостанции может быть вынесен на расстояние до 500 или 1000 м.

В качестве примера наземной ультракоротковолновой радиостанции дальней связи можно привести отечественную радиостанцию Р-824 (рис. 84).

С начала второй мировой войны военно-воздушные силы многих стран начали создавать специальные радиостанции для связи взаимодействия общевойсковых штабов с авиацией.

Чтобы не устанавливать на самолеты дополнительной радиоаппаратуры, для радиосвязи взаимодействия обычно отводился участок диапазона самолетных коротковолновых или ультракоротковолновых радиостанций. Так, для связи взаимодействия в военно-воздушных силах США была принята на вооружение радиостанция ARC-12.

Передатчик этой станции мощностью около 2 вт предназначен для телефонной работы с амплитудной модуляцией на одной из пяти заранее установленных и стабилизированных кварцем фиксированных частот в диапазоне самолетных радиостанций. Переключение на любую из этих пяти частот производится простым поворотом ручки переключателя.

Радиостанция обеспечивает связь самолета с наземными командными пунктами до 160 км при высоте полета самолета около 3000 м. Вес радиостанции 16 кг. Питается радиостанция от источника постоянного напряжения 26 в.

В 1955 г. для военно-воздушных сил США была разработана переносная радиостанция AN/PRC-14 взаимодействия наземных войск с авиацией. Эта радиостанция состоит из портативного ультракоротковолнового приемопередатчика и упаковки питания, переносимых одним человеком. Она позволяет вести радиообмен в движении. Вес комплекта с источниками

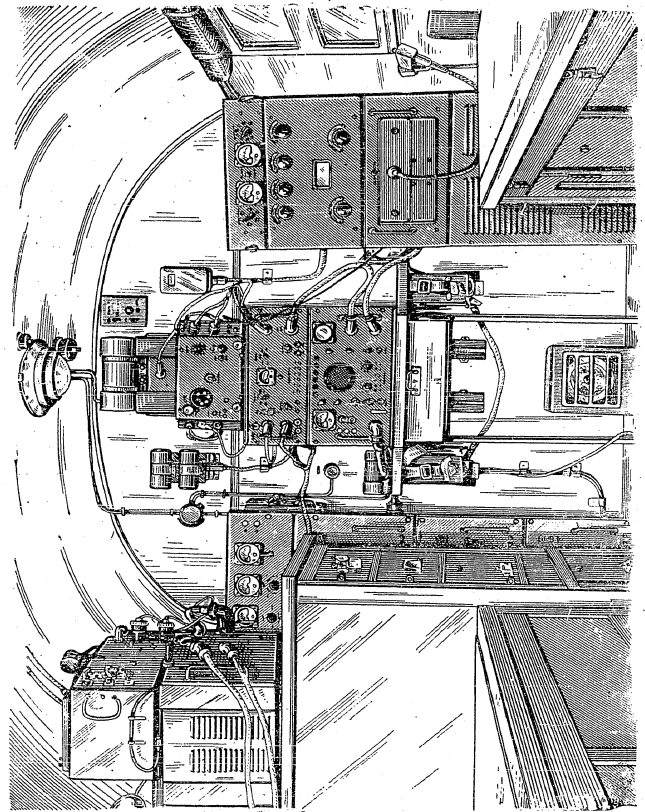


Рис. 84. Наземная автомобильная ультракоротковолновая радиостанция Р-824

питания около 10 кг. Конструкция блочная, водонепроницаемая. Органы управления имеют водостойкие уплотнения.

Дальность связи с самолетом на высоте 3300 м около 200 км. Надежность и дальность связи с самолетом, находящимся на меньших высотах, определяются характером поверхности земли, а дальность связи вдоль поверхности земли ограничена пределами прямой видимости.

Конструкция радиостанции позволяет заранее настраивать приемопередатчик на четыре заданные волны. Поворотом переключателя можно быстро установить любую из четырех настроенных и стабилизированных кварцем частот.

В качестве антенны радиостанции служит составной вертикальный четвертьволновый штырь длиной 35 см, который крепится на шлеме солдата. В зависимости от рабочей волны длину штыря можно изменять.

Радиостанция комбинированного диапазона. Для связи с самолетами, а также для личных переговоров авиационных командиров часто применяются комбинированные радиостанции, работающие в ультракоротковолновом и коротковолновом диапазонах. В этих случаях в комплект комбинированной радиостанции входят коротковолновая самолетная радиостанция малой мощности и ультракоротковолновая самолетная радиостанция с соответствующими типами антенн, источниками питания, вспомогательным и запасным имуществом.

Примером такого типа станций может служить радиостанция AN/VRC-1, широко применяющаяся в военно-воздушных силах США.

Дальность связи радиостанции с самолетами, находящимися в воздухе, при высоте их полета 10 000 м на ультракоротких волнах составляет около 300 км. В коротковолновом диапазоне в телефонном режиме дальность связи достигает 250 км, а в телеграфном — до 500 км.

Все оборудование радиостанции размещается в кузове специального легкового автомобиля (рис. 85).

Время разворачивания радиостанции около 5 мин.

Кроме приведенных примеров применения наземных ультракоротковолновых и коротковолновых радиостанций, в авиации применяются и радиостанции средневолнового диапазона. Они предназначаются для связи с самолетами и авиационными командными пунктами. Такие станции обычно размещаются в двух специальных кузовах, установленных на шасси автомобилей.

Управлять передатчиком станции можно непосредственно из кузова автомобиля или дистанционно с выносного пульта, находящегося на расстоянии до 3 км от радиостанции.

160

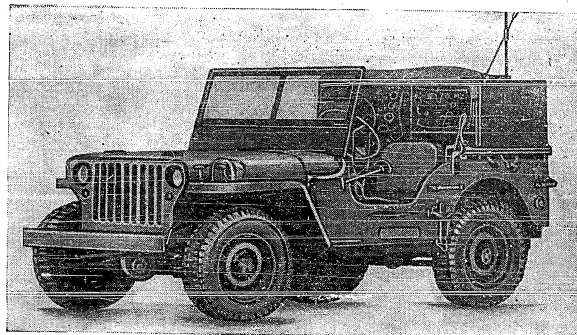


Рис. 85. Внешний вид радиостанции AN/VRC-1

Дальность радиосвязи с самолетами, оборудованными средневолновыми связными радиостанциями, в телеграфном и телефонном режимах достигает нескольких сот километров.

Площадка для разворачивания таких радиостанций выбирается размером не менее 110 × 110 м.

РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АВИАЦИИ

Угломерная система «приводная радиостанция — радиокompас». Приводные радиостанции являются наземными направленными радиопередающими устройствами непрерывного излучения. Для опознавания экипажами самолетов приводных радиостанций при работе их на привод подаются сигналы (позывные) радиотелеграфной азбуки.

Радиокompас называется самолетное радионавигационное устройство, предназначенное для измерения курсовых углов (КУР) приводных и радиовещательных радиостанций, т. е. углов между продольной осью самолета и направлением на радиостанцию (рис. 86).

Вместе с другими приборами, установленными на самолете, радиокompас позволяет экипажу самолета в сложных метеорологических условиях днем и ночью решать следующие навигационные задачи:

— точно выходить на приводную радиостанцию и определять моменты ее прохода;

11—2394

161

- контролировать путь определением линии положения и места самолета;
- определять боковое уклонение и угол сноса при полете от приводной радиостанции;
- выполнять заход и расчет на посадку.

Радиокомпас является одним из основных радионавигационных приборов, обеспечивающих полеты в сложных метеорологических условиях.

Работа радиокомпаса основана на использовании направленных свойств рамочной антенны, которая с помощью специального устройства автоматически устанавливается своей

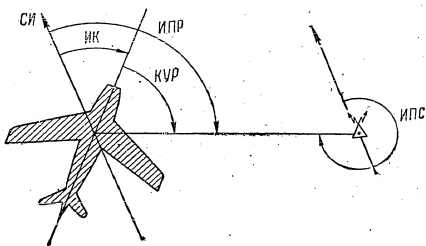


Рис. 86. Определение курсового угла приводной радиостанции

плоскостью перпендикулярно направлению на радиостанцию (положение нулевого приема), на волну которой настроен приемник радиокомпаса. Чтобы рамка разворачивалась на радиостанцию всегда одной и той же стороной, радиокомпас имеет также дополнительную открытую антенну ненаправленного действия, прием на которую позволяет устранить неопределенность в измерении направления на 180°.

Углы поворота рамки относительно продольной оси самолета передаются с помощью специальной электрической системы, так называемой следящей системы, на стрелочные приборы, показывающие курсовые углы радиостанции.

Таким образом, в каком бы положении относительно приводной радиостанции ни находился самолет, ось рамки (т. е. линия, проходящая через центр рамки, перпендикулярная к плоскости витков) всегда направлена на радиостанцию (рис. 87), на которую настроен приемник радиокомпаса, и стрелка указателя радиокомпаса будет непрерывно показывать курсовой угол этой радиостанции.

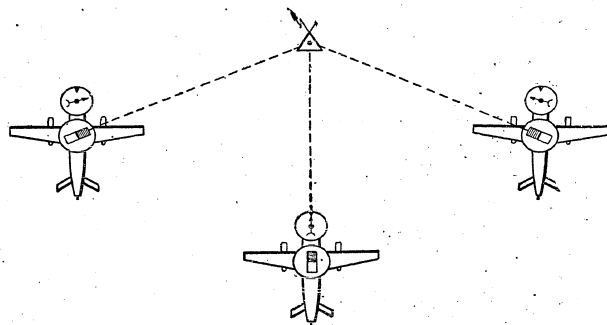


Рис. 87. Определение направления на радиостанцию с помощью радиокомпаса

Рассмотрим простейшую блок-схему радиокомпаса, приведенную на рис. 88.

Сигналы приводной радиостанции, принимаемые рамочной и открытой антеннами, поступают в приемник радиокомпаса, к выходу которого подключена управляющая схема. Если рамка радиокомпаса находится в положении нулевого приема, т. е. ее ось направлена точно на приводную радиостанцию, то приема на рамку нет и с приемника на управляющую схему

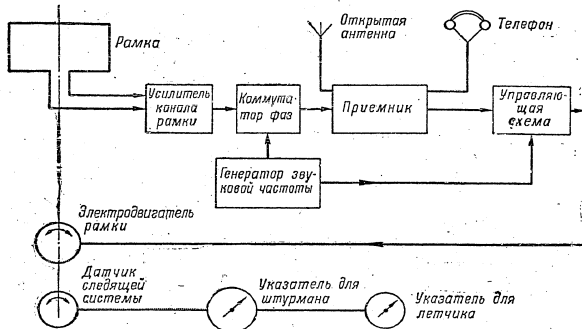


Рис. 88. Блок-схема радиокомпаса SCR-269

никакого напряжения не поступает. Сигналы радиостанции, принятые открытой антенной, в этом случае прослушиваются в телефонах, подключенных к приемнику.

Если отклонить рамку вправо или влево от положения нулевого приема, в ней возникнет электродвижущая сила, которая вызовет появление напряжения на выходе приемника. Под воздействием этого напряжения управляющая схема вырабатывает ток, питающий обмотку электродвигателя рамочной антенны. Последний начинает вращаться и поворачивает рамку в сторону, противоположную отклонению, возвращая ее, таким образом, в положение нулевого приема.

Рамка в свою очередь механически связана со следящей системой, которая передает углы поворота рамки на стрелочные указатели радиокompаса.

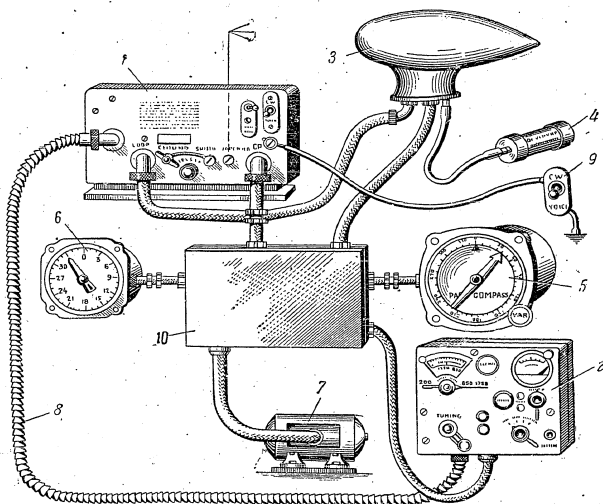


Рис. 89. Общий вид комплекта радиокompаса SCR-269:

1 — приемник; 2 — щиток управления; 3 — рамка в обтекателе; 4 — дегидратор рамки; 5 — индикатор курса штурмана; 6 — индикатор курса летчика; 7 — инвертор; 8 — гибкий валик настройки; 9 — тумблер телеграфно-телефонной работы; 10 — распределительная коробка.

164

Радиокompас позволяет определять курсовые углы радиостанции и состоит из следующих основных частей (рис. 89):

- приемника;
- щитка управления;
- рамки с вмонтированным внутри обтекателя электродвигателем, вращающим рамку;
- дегидратора (осушителя) рамки;
- двух указателей — для штурмана и для летчика;
- распределительной коробки и преобразователя постоянного тока.

Радиокompас питается от бортовой сети напряжением 26 в. Потребляемая мощность 250 вт. Избирательность приемника обеспечивает отстройку от радиостанций, работающих на частотах, отстоящих от принимаемой на 5 кГц.

Дальность действия радиокompаса зависит от мощности, частоты приводной радиостанции и от условий распространения радиоволн.

При среднем уровне помех и полете самолета на высоте 1000 м дальность действия радиокompаса при работе с приводной радиостанцией мощностью 500 вт. составляет 200—250 км. Общий диапазон частот от 200 до 1750 кГц разбит на три поддиапазона: первый 200—410 кГц, второй 410—850 кГц, третий 850—1750 кГц. Общий вес комплекта 35 кг.

Применение системы. Истинный пеленг радиостанции (ИПР, рис. 86), т. е. угол между северным направлением истинного меридиана, проходящего через местоположение самолета (место самолета), и направлением от самолета на приводную радиостанцию, определяется как сумма двух величин, которые отсчитываются экипажем самолета, — истинного курса (ИК) самолета и курсового угла радиостанции (КУР):

$$\text{ИПР} = \text{ИК} + \text{КУР}.$$

Угол между направлением истинного меридиана, проходящего через приводную радиостанцию, и направлением от нее на самолет называется истинным пеленгом самолета (ИПС).

Во всех случаях, когда районы полета и радиостанции для пеленгования известны заранее, до полета должны быть подготовлены карты с нанесенными на них через 5° линиями равных радиопеленгов.

Две линии положения, получаемые по двум различным приводным радиостанциям, пеленги которых были определены одновременно, дают на карте в точке их пересечения место самолета. Для получения наибольшей точности в определении места самолета необходимо выбирать для пеленгования наиболее близкие радиостанции, при этом угол между линиями положения должен быть возможно ближе к 90° в пределах

165

30—150°. Ошибка определения места самолета подсчитывается по формуле

$$r = 0,017 \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\sin \varphi} \Delta \Gamma,$$

где r — радиус круга вероятных положений самолета, км;
 S_1 и S_2 — расстояния от самолета до первой и второй приводных радиостанций, км;
 φ — угол, под которым пересекаются линии пеленгов;
 $\Delta \Gamma$ — средняя квадратическая ошибка радиоконпаса в определении пеленга, град.

Полет самолета на приводную или радиовещательную радиостанцию при помощи радиоконпаса может быть выполнен пассивным, курсовым или активным способом.

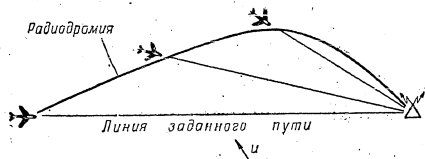


Рис. 90. Радиодромия

Полет пассивным способом на приводную радиостанцию осуществляется по указателю курсовых углов радиоконпаса с курсовым углом, равным нулю. При этом летчик, удерживая стрелку указателя курсовых углов на нуле, непрерывно совмещает продольную ось самолета с направлением на радиостанцию. При полете на радиостанцию пассивным способом боковой ветер сносит самолет с линии заданного пути и фактический путь самолета представляет собой кривую (рис. 90) — так называемую радиодромия.

При полете на радиостанцию курсовым способом пилотирование самолета производится по магнитному компасу, а разворот самолета на нужный курс выполняется периодически по указателю курсовых углов радиоконпаса. При этом летчик, совмещая продольную ось самолета с направлением на радиостанцию ($KУР = 0$), замечает курс по компасу и продолжает полет этим курсом. Курс исправляется через каждые 4—6 мин полета. Путь самолета курсовым способом при наличии бокового ветра представляет собой ломаную линию (рис. 91). Курсовой способ полета является наиболее простым и надежным.

При полете на радиостанцию активным способом стрелка указателя курсовых углов радиоконпаса удерживается не на



Рис. 91. Полет на радиостанцию курсовым способом

нуле, а на курсовом угле, равном 360° плюс поправка на угол сноса. При этом по отношению к линии пути (рис. 92) ось самолета будет развернута на угол сноса, зависящий от силы и направления ветра. Активный способ полета применяется при полете на большие расстояния и при необходимости точно следовать по линии заданного пути.

Момент пролета над радиостанцией на самолетах, оборудованных радиоконпасом, определяется по изменению курсового угла радиостанции на 180° . В момент пролета радиостан-

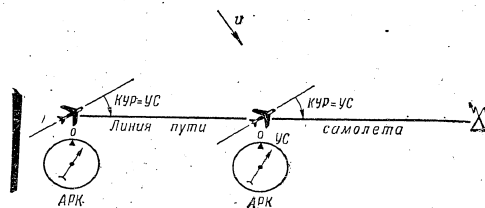


Рис. 92. Полет на радиостанцию активным способом

ции стрелка указателя курсовых углов энергично разворачивается по шкале вправо или влево с $KУР = 0^\circ$ на $KУР = 180^\circ$.

Угломерная радиотехническая система «наземный радиопеленгатор — самолетная связная радиостанция». Наземный радиопеленгатор представляет собой радиоприемное устройство с антенной направленного действия. Специальное антенное и гониометрическое устройство пеленгатора позволяет на слух, а также с помощью визуального отметчика или с помощью электронно-лучевой трубки определять направление на самолет с работающим передатчиком. Дальность и точ-

ность определения пеленга наземными радиопеленгаторами зависит от типа радиопеленгаторов, чувствительности их приемников и от мощности передатчика самолетных радиостанций.

Точность определения пеленга при помощи радиопеленгаторов составляет примерно $1,5-2^\circ$ на коротких и до 3° на ультракоротких волнах.

Кратко остановимся на возможностях радиопеленгатора SCR-502, который применяется в армии США для определения пеленга на работающие коротковолновые наземные и самолетные радиопередатчики.

Конструктивно пеленгатор выполнен полустационарным. Его приемная аппаратура может размещаться в палатке или специальной кабине. Пеленгатор имеет две антенные системы, размещаемые по обе стороны от кабины на расстоянии 70—80 м.

Диапазон частот 1,5—30 Мгц. Виды принимаемых сигналов — телеграфные и телефонные с амплитудной модуляцией.

Метод индикации пеленга — визуальный с помощью электронно-лучевой трубки. Источники питания — сеть переменного тока напряжением 115—230 в и частотой 60 гц или силовой агрегат.

Наземные радиопеленгаторы предназначены: для контроля пути определением линии положения и места самолета, для вывода самолета в район цели полетом от наземного радиопеленгатора в заданном направлении, для привода самолета на аэродром посадки, для расчета и захода на посадку в сложных метеорологических условиях днем и ночью.

В целях оперативности в передаче результатов пеленгования радиопеленгатор, как правило, размещается совместно со связной радиостанцией, образуя радиопеленгаторный пункт. При необходимости определения с помощью радиопеленгаторов места самолета последнее определяется пересечением двух или более пеленгов различных радиопеленгаторов. Для этой цели радиопеленгаторные пункты сводятся в радиопеленгаторные базы.

Каждая радиопеленгаторная база состоит из двух—трех радиопеленгаторных пунктов, поддерживающих между собой четкую связь. Один из пунктов называется основным (ОПП), а остальные — вспомогательными радиопеленгаторными пунктами (ВПП).

Радиопеленгаторные базы могут использоваться для определения местонахождения как подвижных, так и стационарных радиостанций в момент их работы и поэтому обеспечивают определение мест самолетов для целей самолетовождения и контроля за их полетами по заданным маршрутам.

Работа радиопеленгаторных баз заключается в следующем. Экипаж самолета, установив радиосвязь со вспомога-

тельным радиопеленгаторным пунктом, запрашивает по радио свое местонахождение на волне В-1 (рис. 93). ОПП и все ВПП, входящие в базу, одновременно пеленгуют его. Результаты пеленгования с боковых радиопеленгаторных пунктов немедленно сообщаются на командный радиопеленгаторный пункт на волнах В-2, В-3. На ОПП на основании всех получаемых данных пеленгования определяется место самолета. Полученные координаты немедленно по радио сообщаются экипажу самолета. На запрос у радиопеленгаторной базы места самолета и получение ответа затрачивается несколько минут.

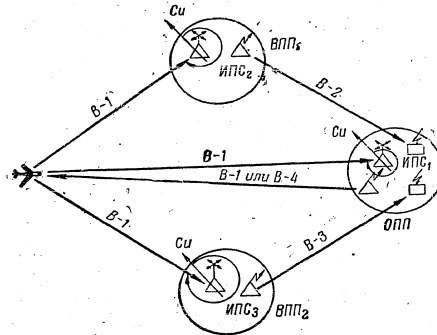


Рис. 93. Схема связи во время работы радиопеленгаторной базы

Точность определения местонахождения самолета при помощи радиопеленгаторной базы зависит от точности определения пеленга, расстояния от радиопеленгаторов до самолета и угла пересечения линий пеленгов. Ошибка определения места самолета подсчитывается по вышеприведенной формуле для радиокompаса.

Используя формулу и задавая размеры радиуса круга вероятных положений самолета, можно построить так называемую рабочую область радиопеленгаторной базы.

Под рабочей областью радиопеленгаторной базы (рис. 94) понимается часть земной поверхности, в пределах которой определение места самолета сопровождается ошибками, не превышающими заданной величины.

Полет самолета на радиопеленгатор выполняется по магнитному компасу курсовым или активным способом путем

периодического исправления курса по пеленгам, полученным экипажем самолета от радиопеленгатора.

Курсовой способ пригоден для всех родов авиации. Запрашивать пеленг и исправлять курс на маршруте необходимо через каждые 3—5 мин полета, а при подходе к радиопеленгатору — через каждые 1—2 мин. При работе радиотелефоном запрашивают только магнитный пеленг радиопеленгатора (МПР).

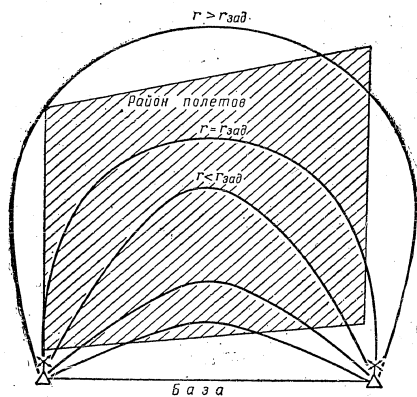


Рис. 94. Рабочая область радиопеленгаторной базы

Экипажи самолетов, в составе которых имеется радист, запрашивают радиотелеграфом только истинный пеленг самолета (ИПС).

Активный способ полета на радиопеленгатор заключается в том, что экипаж стремится вести самолет таким курсом, чтобы получаемые от радиопеленгатора пеленги были постоянными в пределах $\pm 2^\circ$. Курс самолета подбирается с учетом угла сноса. При этом движение самолета на пеленгатор будет прямолинейным.

Момент пролета самолета над радиопеленгатором может быть определен на самолете визуально или по изменению очередного пеленга на 180° , а на земле — по шуму двигателя самолета.

Ошибки в определении направления на передающую ра-

диостанцию при помощи наземных радиопеленгаторов и радиоконпасов могут быть методические, возникающие от несовершенства применяемой радиотехнической аппаратуры, и субъективные, зависящие от подготовки оператора радиопеленгатора или штурмана самолета, а также от условий работы экипажа на радиопеленгаторе или на самолете.

К методическим ошибкам относятся ошибки, зависящие от условий распространения радиоволн. Главными из них являются ошибки, вызываемые горным, береговым и ночным эффектами, на которых мы кратко остановимся.

Горный эффект проявляется в том, что радиоволна, встречая на пути своего распространения горные вершины, хребты или скалы, частично огибает их, а частично от них отражается. В связи с этим вблизи горных вершин направление распространения волн не совпадает с направлением на радиостанцию, а радиопеленг, измеренный вблизи горной вершины, будет показывать не действительное, а кажущееся направление на радиостанцию. Ошибка за счет влияния горного эффекта достигает иногда $8-10^\circ$, причем учесть ее практически очень трудно, а в условиях полета невозможно.

Береговой эффект проявляется в том, что радиоволна, пересекая на пути своего распространения береговую черту, изменяет направление своего распространения (преломляется). Это преломление происходит тем сильнее, чем меньше угол между береговой чертой и направлением проходящей радиоволны. Если радиоволна пересекает береговую черту под углами более 20° , то ошибки берегового эффекта незначительны и с ними практически можно не считаться.

Ночной эффект возникает из-за того, что на рамочную антенну радиоконпаса одновременно принимаются поверхностная волна и отраженная от ионизированных слоев атмосферы пространственная волна, которая имеет поляризацию, не совпадающую с поляризацией поверхностной волны. Такое аномально поляризованное поле наводит электродвижущие силы в горизонтальных частях рамки, нарушая этим нормальную работу рамочной антенны и создавая ошибки в определении направления на радиостанцию. Наибольшие ошибки бывают в сумерки, за 1—2 часа до восхода и 1—2 часа после захода солнца, и достигают величины $30-40^\circ$, а иногда и более. В ночные часы ошибки достигают $10-15^\circ$. Характерным для этих ошибок является изменение во времени их знака и величины. На более длинных волнах ошибки проявляются в меньшей степени. Для уменьшения ошибок ночного эффекта необходимо с самолета пеленговать радиостанции, работающие на более длинных волнах и удаленные от самолета на расстояния до 100 км, и пользоваться только

средними значениями курсовых углов радиостанции, определяемыми за промежутки времени в 1—1,5 мин. Современные наземные радиопеленгаторы с H-образными антеннами ночному эффекту не подвержены.

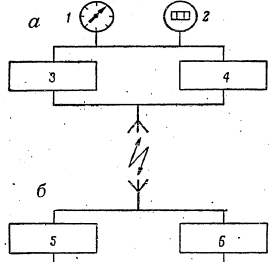


Рис. 95. Радиоаппаратура системы «Такан».

а — аппаратура на самолете; б — аппаратура на земле; 1 — индикатор пеленга; 2 — индикатор дальности; 3 — многоканальный передатчик; 4 — многоканальный приемник; 5 — одноканальный приемник; 6 — одноканальный передатчик

Ниже мы остановимся на некоторых конкретных радионавигационных системах.

Радионавигационная система «Такан» работает на дециметровых волнах. Она позволяет летчику получать информацию одновременно о расстоянии от самолета до наземного радиомаяка и о направлении полета, выраженном углом истинного пеленга или курсовым углом радиомаяка.

В системе, определяющей направление, необходимо иметь наземный передатчик со специальной направленной антенной и многоканальный приемник на самолете.

Для системы, измеряющей расстояние, требуется наземный приемопередатчик (ретранслятор) с ненаправленной антенной и многоканальный запросчик на самолете.

Элементы системы «Такан» показаны на рис. 95. На самолете устанавливают антенну, многоканальный запросчик, работающий по импульсному методу, обеспечивающему как измерение расстояния, так и определение направления на наземный радиомаяк, а также переключатель каналов и один или несколько индикаторов.

Аппаратура «Такан» располагает 126 двойными каналами связи с интервалом в 1 Мгц. Для передачи с самолета на землю, необходимой только для дальномерной системы, имеется 126 каналов в диапазоне частот 1025—1150 Мгц. Для передачи земля — самолет, служащей для определения направления и измерения дальности, имеется 63 канала в диапазоне частот 962—1024 Мгц и 63 канала в диапазоне 1151—1213 Мгц.

В каждом канале сигналы передаются группами немодулированных импульсов, по-разному кодированных для разделения сигналов дальности от сигналов направления.

Измерение расстояний в системе «Такан» осуществляется на основе измерения времени прохождения радиосигнала от самолета до маяка и обратно. Самолетный передатчик излу-

чает кодированные импульсы запроса, которые принимаются приемником наземного маяка-ретранслятора, излучающего в свою очередь ответные импульсы, но уже по другому каналу. Самолетный приемник, принимая эти ответные импульсы, автоматически измеряет время между моментами посылки запросного и приема ответного импульсов, преобразует их в электрические сигналы и подает на индикатор дальности. Как самолетный передатчик, так и передатчик наземного маяка-ретранслятора излучают парные импульсы каждый длительностью около 3,2 мсек с интервалом между импульсами одной пары 12 мсек. Время посылки очередной пары импульсов зависит от режима работы аппаратуры.

Максимальное время поиска 20 сек. В режиме слежения самолетный приемник «открыт» только для приема ответных импульсов маяка-ретранслятора, синхронных только с собственными запросными импульсами, поэтому с одним наземным маяком-ретранслятором могут одновременно работать около 100 самолетов.

Цели приемника, измеряющие время, снабжены запоминающим устройством, поэтому в случае прекращения ответных импульсов на время до 10 сек индикатор дальности сохраняет свое последнее показание без перехода в режим поиска. Через каждые 75 сек наземный маяк автоматически посылает по радиотелеграфной азбуке позывные сигналы, которые воспринимаются на самолете в виде звуковых телеграфных сигналов. Так как система снабжена запоминающим устройством, то при посылке этих сигналов не происходит никакого нарушения в показаниях индикатора дальности.

Передатчик наземного маяка-ретранслятора должен излучать импульсы только в ответ на запросные импульсы от самолетной аппаратуры. При работе только с одним самолетом маяк должен передать около 30 имп/сек, а при работе со 100 самолетами — около 3000.

Направление (курс) определяется с помощью вращающейся направленной антенны маяка-ретранслятора. Конструктивно антенна выполнена в виде цилиндра диаметром около 1,1 м и высотой 1,8 м. Она легко устанавливается на башне или мачте корабля.

На рис. 96 показано схематическое изображение антенны. Генерируемые передатчиком импульсы высокой частоты подаются на центральный неподвижный стержень диаметром 7,6 см, вокруг которого расположен внутренний цилиндр из изоляционного материала

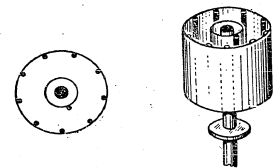


Рис. 96. Антенна наземного радиомаяка

(фиброглас) диаметром около 12,7 см. Этот цилиндр несет в себе вертикальный полностью изолированный от всех других элементов провод, служащий рефлектором. Вследствие этого диаграмма излучения антенны имеет форму кардиоиды, как показано на рис. 97, а.

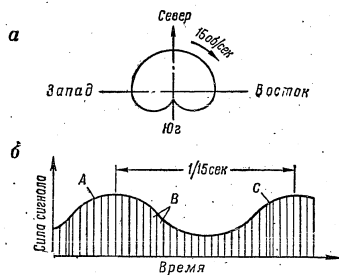


Рис. 97. Диаграмма излучения антенны: а — в полярных координатах; б — в прямоугольных координатах; А — огибающая импульсов; В — ответные импульсы; С — эталонные импульсы.

Если для данного момента времени максимум излучения кардиоиды направлен на север, то для каждого положения самолета в этот же момент времени величина принимаемого сигнала будет пропорциональна синусу угла пеленга самолета относительно маяка. Используя метод измерения фазы сигнала кардиоидного излучения, можно с помощью стрелочного индикатора отсчитывать угол пеленга самолета относительно маяка-ретранслятора.

Однако описанная система определения направления на наземный маяк обладает большими погрешностями. Поэтому антенна маяка, помимо внутреннего цилиндра, имеет связанный с ним внешний цилиндр (диаметром 84 см) из фиброгласа, в котором расположено девять проводов-рефлекторов. При вращении обоих цилиндров со скоростью 15 об/сек кардиоидная кривая оказывается дополнительно модулированной частотой 135 гц (девятая гармоника).

В результате дополнительного измерения фазы синусоиды 135 гц на борту самолета существенно повышается точность определения направления на наземный маяк системы «Такан».

Общие характеристики системы «Такан» следующие:

- средняя величина ошибки в определении направления составляет 0,75°;
- точность определения расстояния равна в среднем 250 м;
- дальность действия достигает 370 км при условии

прямой видимости между самолетом и маяком-ретранслятором.

Системы посадки самолетов. Посадка самолетов в сложных метеорологических условиях днем и ночью является одной из важнейших задач радионавигационного обеспечения авиации. Без решения этой задачи не может быть ни независимости боевых действий авиации от состояния погоды и времени суток, ни регулярности и безопасности движения самолетов транспортной авиации.

Идеальная система посадки должна обеспечивать автоматическое снижение и приземление самолета без участия в этом экипажа. Задача эта полностью еще не решена, но к ее решению техника в настоящее время приблизилась вплотную.

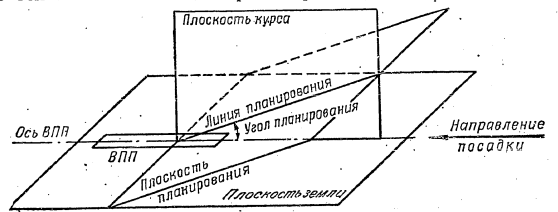


Рис. 98. Элементы посадки самолета

Независимо от того, производится посадка с участием или без участия экипажа, система посадки должна обеспечить получение на самолете данных направления посадки (плоскости курса, рис. 98), плоскости планирования и расстояния до точки приземления на взлетно-посадочной полосе.

Пересечение первых двух плоскостей дает линию планирования — глиссаду, т. е. траекторию, по которой должен следовать снижающийся самолет.

Нормально линия планирования должна быть прямой, идущей к горизонту под углом от 2 до 6° (в зависимости от типа самолета).

Знание расстояния до точки приземления необходимо для того, чтобы должным образом регулировать режим полета. Желательно, чтобы расстояние до точки приземления измерялось непрерывно, но в первом приближении можно ограничиться посылкой на самолет сигналов в те моменты, когда он находится на определенных, заранее установленных расстояниях от точки приземления. Таких сигналов экипажу самолета нужно послать по крайней мере два: один — когда самолет находится на расстоянии нескольких километров от аэродрома, для того чтобы экипаж мог проверить высоту полета

и приступить к планированию (снижению), и второй — при пролете границы аэродрома, т. е. непосредственно перед последним, решающим этапом посадки.

К любой современной системе посадки самолетов предъявляются жесткие требования обеспечения высокой надежности и точности приземления самолетов, независимости работы системы от состояния погоды и характера местности.

От посадочной системы требуется большая пропускная способность. При современной плотности движения воздушного транспорта или боевых самолетов в районе аэродрома может снизиться большое число самолетов, идущих на посадку. В этих условиях от пропускной способности системы зависит, как долго самолеты будут бесцельно находиться в воздухе, прежде чем они смогут совершить посадку.

Существенным требованием, особенно для военной авиации, является мобильность наземного посадочного оборудования. Оно должно удовлетворять требованиям легкого и простого перебазирования с одного аэродрома на другой, быстрого сворачивания и разворачивания на новом месте.

Самолетное посадочное оборудование должно быть сведено к необходимому минимуму и должно обеспечивать простую и наглядную индикацию положения самолета.

В течение всего процесса посадки должна быть обеспечена надежная двухсторонняя радиосвязь наземного командного пункта с экипажем самолета.

С проблемой посадки самолетов тесно связана проблема организации авиационно-диспетчерской службы. В задачу этой службы входит регулирование движения самолетов в районе аэродрома, определение зон и высоты полета в ожидании захода на посадку, определение очередности посадки, дача разрешения на посадку и руководство посадкой. Для решения этих задач широко применяются средства радиосвязи, радиолокации, радионавигации и светотехники.

Современные системы посадки самолетов представляют собой совокупность наземных и самолетных радиосветотехни-

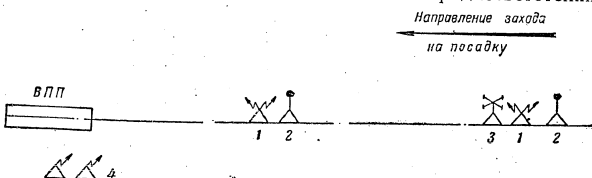


Рис. 99. Расположение радиотехнического оборудования системы посадки:

1 — приводная радиостанция; 2 — маркерный радиомаяк; 3 — радиопеленгатор; 4 — командно-стартовые радиостанции

ческих средств. Эти системы обеспечивают привод самолетов на аэродром посадки, управление движением самолетов в районе аэродрома, пробивание облаков вниз и заход на посадку в сложных метеорологических условиях днем и ночью.

Развитие систем посадки идет по двум направлениям: создаются системы, где основные расчеты производятся экипажем в воздухе, и системы, в которых управление посадкой осуществляется в основном с земли.

Система посадки с приводными радиостанциями. Наземное оборудование системы включает радиотехническое и светотехническое оборудование.

В наземное радиотехническое оборудование системы входят две приводные радиостанции, два маркерных радиомаяка, радиопеленгатор.

Две приводные радиостанции располагаются по оси взлетно-посадочной полосы со стороны захода на посадку: одна на удалении 1000 м от начала ВПП — ближний привод, а другая на удалении 4000 м от начала ВПП — дальний привод (рис. 99). Наземный радиопеленгатор располагается вместе с дальней приводной радиостанцией.

Приводные радиостанции работают на частотах, обеспечивающих перестройку радиокompаса в процессе захода на по-

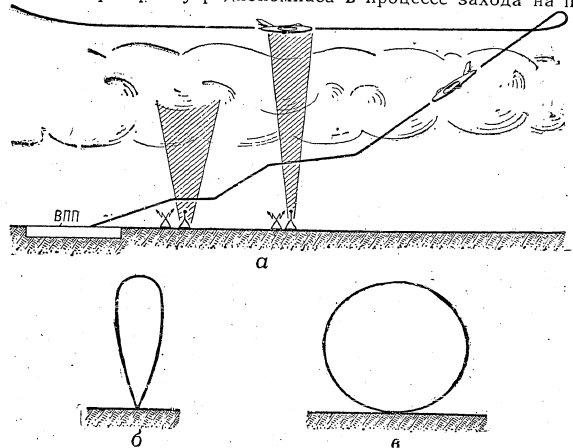


Рис. 100. Посадка самолета в сложных метеорологических условиях: а — схема посадки; б и в — диаграммы излучения маркерного радиомаяка в вертикальных плоскостях (в плоскости оси ВПП и перпендикулярно оси)

садку с одной частоты на другую переводом переключателя поддиапазонов.

В месте установки дальней и ближней приводных радиостанций устанавливаются маркерные радиомаяки.

Маркерный радиомаяк представляет собой передающее устройство направленного излучения (рис. 100) радиоволн в вертикальной плоскости, предназначенное для отметки момента прохода самолетом приводной радиостанции при заходе на посадку.

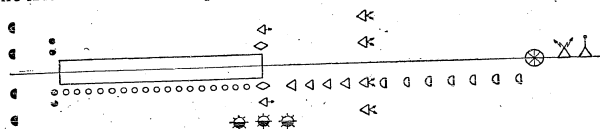
Самолетное радиотехническое оборудование системы посадки с приводными радиостанциями состоит из автоматического радиоконюаса, маркерного радиоприемника и радиовысотомера.

О радиоконюасе было сказано выше.

Включенный маркерный радиоприемник работает автоматически, не требуя настройки и управления со стороны экипажа. Когда самолет пролетает над маркерным радиомаяком, излучающим волны направленно вверх (рис. 100, б и в), маркерный радиоприемник принимает излучаемые сигналы и, преобразуя их, подает на зрительный и слуховой индикаторы. Таким образом обеспечивается отметка пролета над точкой, в которой установлен маркерный радиомаяк, причем зрительные и слуховые сигналы дают возможность различить, какой маркерный пункт самолет пролетел — дальний или ближний.

Кроме радиосредств, при заходе на посадку используется пилотажно-навигационное оборудование, установленное на самолете: магнитный компас, указатель скорости, авиагоризонт и др.

Наземное светотехническое оборудование системы посадки используется в сложных метеорологических условиях днем и ночью в комплексе с радиотехническим оборудованием и обес-



Условные обозначения:

- | | |
|--|---|
| 1. ◻ Огни приближения (красные) | 6. ○ Посадочные огни (большая желтая белая) |
| 2. ◁ Пограничные огни (красные) | 7. ● Ограничительные огни (красные) |
| 3. ◁ Огни подхода (красные) | 8. ◻ Взлетные огни (красные) |
| 4. ◻ Вводные огни (зеленые) | 9. ⊗ Кодовый неоновый светомаяк |
| 5. ◁ Огни запрещения посадки (красный) | 10. ⚡ Посадочная станция |

Рис. 101. Типовая схема размещения светотехнического оборудования системы посадки

печивает летчику привод с расстояния 25—30 км и визуальный заход на посадку после прохода самолета над ближней приводной радиостанцией, т. е. визуальное снижение, выравнивание и приземление (рис. 101).

Кодовый неоновый маяк размещается на продолжении оси ВПП и предназначается для обеспечения привода самолета в район аэродрома по световому сигналу, а также для маркировки места установки ближней приводной радиостанции.

Огни приближения предназначаются для обеспечения возможности перехода от планирования по приборам к планированию по визуальному наблюдению наземных светотехнических средств, а также для указания летчику направления захода и предварительного расчета на посадку. Они размещаются между ближней приводной радиостанцией и пограничными огнями.

Пограничные огни необходимы для обозначения внешней границы летного поля, определения возможного поперечного крена самолета и определения момента начала выравнивания самолета.

Огни подхода предназначаются для указания направления снижения самолета на ВПП после пересечения границы аэродрома.

Входные огни служат для указания разрешения посадки, начала ВПП и возможного места приземления самолета.

Посадочные огни предназначены для указания боковых границ ВПП и направления пробега самолета по ней.

Ограничительные огни служат для указания конца ВПП. Взлетные огни (они же пограничные огни в конце ВПП) предназначены для обозначения границы летного поля и для создания линии искусственного горизонта при взлете самолета или ухода его на второй круг после неточного выполнения расчета и захода на посадку.

Посадочные прожекторные станции служат для подсвета взлетно-посадочной полосы при посадке самолетов.

Основу радиотехнического оборудования указанной системы посадки составляют две приводные радиостанции на земле и радиоконюас на самолете. Радиопеленгатор обычно используется в случае отказа в работе одной из приводных радиостанций или радиоконюаса.

Заход и расчет на посадку заключается в выполнении самолетом вполне определенных эволюций, необходимых для ввода его в плоскость посадки, следования посадочным курсом, планирования, выравнивания и приземления.

Существуют два основных метода захода и расчета на посадку по указанной системе посадки:

- заход и расчет на посадку с прямой;
- заход и расчет на посадку по корбочке.

Сущность захода и расчета на посадку с прямой состоит в том, что экипаж выводит самолет в плоскость посадки на таком удалении от дальней приводной радиостанции, чтобы планирование самолета в этой плоскости с определенной вертикальной и горизонтальной скоростью обеспечило выход на приводные радиостанции (дальнюю и ближнюю) на заданной высоте.

Посадка с прямой одиночного самолета по приборам должна включать в себя следующие этапы:

- запрос условий посадки и выход на дальнюю приводную радиостанцию;
- маневр для выхода в плоскость посадки;
- полет посадочным курсом на дальнюю приводную радиостанцию со снижением;
- полет посадочным курсом на ближнюю приводную радиостанцию со снижением;
- снижение после прохода ближней приводной радиостанции, выравнивание и приземление с использованием светотехнического оборудования системы посадки.

Условия посадки: барометрическое давление у земли, скорость и направление ветра, высота нижнего основания облаков, горизонтальная видимость у земли, курс посадки — обычно запрашиваются по радио экипажем самолета еще до подхода к аэродрому.

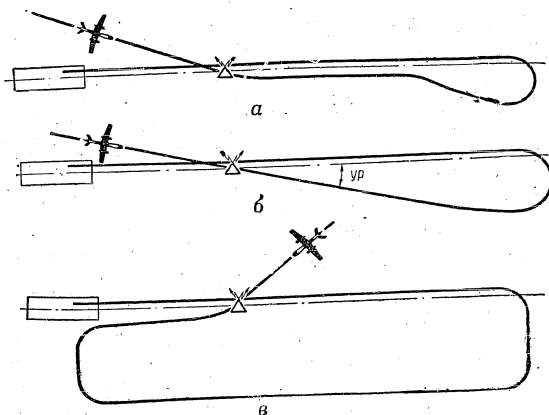


Рис. 102. Виды маневра для ввода самолета в плоскость посадки:
а — стандартный разворот; б — разворот на заданный угол; в — два разворота на 180°

Выход на дальнюю приводную радиостанцию аэродрома посадки с маршрута осуществляется пассивным способом по радиокомпасу.

Выход самолета в плоскость посадки может осуществляться применением одного из видов маневра: стандартного разворота, разворота на заданный угол и двойного разворота на 180° (рис. 102).

Сущность захода и расчета на посадку методом коробочки состоит в том, что экипаж самолета, используя приводные радиостанции, пилотажно-навигационное и радионавигационное оборудование самолета, по расчету времени и расчетным пеленгам приводной радиостанции строит прямоугольный маршрут полета относительно взлетно-посадочной полосы вне види-

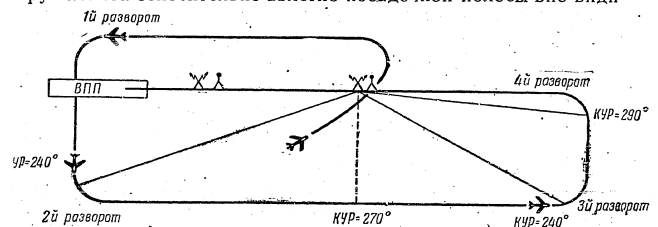


Рис. 103. Схема захода на посадку по коробочке

мости земли так, чтобы вывести самолет в плоскость посадки с посадочным курсом на определенной высоте и определенном удалении от дальней приводной радиостанции.

Заход и расчет на посадку методом коробочки подразделяются на следующие этапы (рис. 103):

- запрос условий посадки и выхода на дальнюю приводную радиостанцию;
- выполнение разворота на посадочный курс и полет этим курсом;
- выполнение четырех разворотов, указанных на рисунке, со снижением до заданной высоты;
- полет посадочным курсом на ближнюю приводную радиостанцию со снижением;
- снижение после прохода ближней приводной радиостанции и приземление с использованием светотехнического оборудования системы посадки.

Кроме указанной системы посадки самолетов, в настоящее время применяются системы с курсовыми и глиссадными радиомаяками и радиолокационными станциями. Такие системы описаны во второй части книги.

ГЛАВА VII

СРЕДСТВА РАДИОСВЯЗИ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННО-МОРСКИМ ФЛОТОМ

Общие замечания: Как уже отмечалось, впервые средства радиосвязи начали применяться на кораблях русского военно-морского флота.

В настоящее время надводные корабли, подводные лодки, самолеты морской авиации и береговые части военно-морского флота используют самые различные виды и средства связи. Однако радиосвязь остается основным, а во многих случаях единственным средством непрерывного и надежного управления флотом в быстро меняющейся боевой обстановке.

С появлением новых средств вооруженной борьбы в современных условиях резко возросли требования к надежному и скрытому управлению силами флота. Поэтому к связи, и в первую очередь радиосвязи, предъявляются требования быстроты, надежности, скрытности и дальности действия.

Известно, что до конца минувшей войны при тех скоростях, которые имела авиация, на передачу сообщения об обнаружении самолета противника требовалось 8—10 мин. Этого было достаточно для принятия мер по отражению воздушного налета, в частности для подъема истребительной авиации. Управление истребителями осуществлялось передачей по радио соответствующих команд на основании зрительного наблюдения за действиями своих истребителей и вражеских бомбардировщиков.

В современных условиях управление силами противовоздушной обороны на основании данных зрительного наблюдения невозможно. Теперь самолеты и беспилотные средства воздушного нападения имеют скорость 1200 км/час и более; следовательно, в распоряжении командира соединения и его штаба для организации отражения их атаки, если даже они обнаружены на расстоянии 200 км от объекта, останется лишь несколько минут. Отсюда ясна важность увеличения

дальности обнаружения воздушных целей и быстроты работы связи.

Для управления подводными лодками во время второй мировой войны в условиях относительно слабой противолодочной обороны в большинстве стран использовались недостаточно мощные береговые радиостанции, позволявшие устанавливать связь с подводными лодками главным образом ночью, когда они могли всплывать в надводное положение для приема радиограмм. Уже в то время эти средства не были достаточно эффективными, так как разведывательные данные подводные лодки получали лишь через 10—12 ч, когда большинство данных теряло свою ценность.

В настоящее время своевременное сообщение на подводные лодки данных воздушной разведки, информация об обстановке, уверенный прием данных разведки от подводных лодок на береговых командных пунктах, находящихся на расстоянии нескольких тысяч миль, — все это возможно только при наличии достаточно мощных, совершенных и быстродействующих радиосредств как на береговых пунктах, так и на самих подводных лодках.

Важное требование, предъявляемое к связи, — требование ее скрытности, т. е. такой работы связи, которая бы исключала или затрудняла получение противником разведывательных данных.

Это требование является общим для всей военной связи, но особенно остро предъявляется к связи в военно-морском флоте. По работе корабельных средств связи противнику достаточно приблизительно определить местонахождение корабля, чтобы потом его обнаружить визуально; приблизительно же определения пункта управления сухопутных войск еще недостаточно для его визуального наблюдения, так как он обычно скрыт предметами местности.

Поэтому для повышения скрытности переговоров необходимо искусно пользоваться имеющимися на корабле средствами, строго соблюдать дисциплину связи должностными лицами при переговорах, выбирать в каждом конкретном случае те виды и средства связи, которые затрудняют перехват и пеленгацию радиопередач.

Надежность связи — это также одно из требований, предъявляемых к любой военной связи. Однако на небольшой площади корабля сосредоточено много различного электро-радио- и радиолокационного оборудования, создающего радиопомехи. Поэтому для надежности связи здесь требуется особая защита от всевозможных помех, применение различных видов и средств связи на важнейших направлениях, создание резервных каналов, проведение ряда мероприятий организационного и технического характера.

Радиосвязь в военно-морском флоте по своему назначению подразделяется на дальнюю и ближнюю.

Дальняя радиосвязь осуществляется, как правило, в телеграфном режиме с использованием шифрованных документов, а ближняя радиосвязь — в микрофонном режиме через выносные посты связи, установленные на командных пунктах, с использованием таблиц условных сигналов, сигнальных сводов и специальной аппаратуры.

Работа радиосвязи в зависимости от требований управления и наличия сил и средств организуется в основном двумя способами: по радионаправлению и по радиосети.

Связь по радионаправлению применяется, как правило, между станциями, обеспечивающими связь на важнейших направлениях в зависимости от обстановки.

Связь по радиосети организуется между несколькими (более двух) радиостанциями для управления кораблями в море, самолетами в воздухе, для взаимодействия разнородных сил, передачи донесений и приказаний внутри соединений кораблей и частей флота, для передачи оповещений об обстановке и т. д.

Связь по радионаправлению и по радиосети может быть двухсторонней или односторонней.

В радиосети двухсторонней связи число радиостанций ограничивается в зависимости от назначения радиосети и предполагаемой нагрузки. В радиосетях односторонней связи число радиостанций, работающих только на прием, не ограничивается. Оба эти способа применяются комбинированно при подготовке и ведении боевых действий.

Радиосвязь между двумя радиостанциями может осуществляться непосредственно или через промежуточные радиостанции (при недостаточной дальности действия радиостанций или неблагоприятных условиях прохождения радиоволн). Для каждой радиосети или радионаправления, как правило, предусматриваются основные частоты и несколько запасных частот. Запасные частоты используются при радиопомехах и в случаях непрохождения основных частот.

В настоящее время на флотах различных стран используются все диапазоны волн, начиная от ультракоротковолнового и кончая длинноволновым.

При назначении и выборе радиочастот учитываются особенности распространения радиоволн для обеспечения устойчивой и скрытой радиосвязи, а также одновременной работы радиосредств кораблей (особенно флагманских) и береговых командных пунктов.

Известно, что прием на длинных волнах одинаково надежен зимой и летом, ночью и днем. Напряженность принимае-

мого сигнала одной и той же станции в разное время года и суток меняется очень мало, но атмосферные помехи сказываются довольно сильно. Дальность связи на этих волнах определяется в основном мощностью передатчика.

Длинноволновые передатчики, и особенно их антенно-фидерные устройства, — очень громоздкие и сложные сооружения. По этой причине они используются только береговыми передающими станциями.

Кроме того, длинные волны меньше, чем волны остальных диапазонов, поглощаются в морской воде и могут проникать на небольшую глубину. Это свойство длинных волн особенно важно и используется для связи с подводными лодками, находящимися в подводном положении на больших удалениях от своих баз [55].

На средних волнах при сравнительно небольших размерах передающих антенн удается получать значительные излучаемые мощности, что позволяет использовать средневолновые передатчики для связи между кораблями и с берегом на средних дистанциях.

Как известно из главы III, пространственные короткие волны распространяются на большие расстояния. Антенны для этих волн сравнительно невелики. Поэтому коротковолновые радиостанции на флотах используются для дальней связи кораблей между собой и с берегом.

Ультракороткие волны используются для связи между кораблями, самолетами, береговыми постами на очень малых расстояниях (в пределах 1—1,5 дальности геометрической видимости). Небольшая дальность распространения этих волн обуславливает относительную скрытность внутризакладной связи. Кроме того, благодаря отсутствию на ультракоротких волнах помех от дальних посторонних станций качество внутризакладной связи повышается.

Ультракоротковолновая радиосвязь находит все большее применение в арктических районах, где распространение радиоволн длиннее 10 м из-за магнитных бурь весьма неустойчиво.

В современных условиях для управления разнородными силами требуется значительное количество радиостанций, работающих в различных диапазонах волн. Поэтому не только береговые командные пункты, но и флагманские командные пункты, расположенные на крупных кораблях, имеют большое количество разных радиосредств и представляют собой своеобразные приемно-передающие радиоцентры.

Обычно средства радиосвязи, применяемые в военно-морском флоте, подразделяются на два класса: корабельные и береговые.

КОРАБЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РАДИОСВЯЗИ

Конструктивные особенности радиоаппаратуры. Современные корабли военно-морского флота имеют мощное радио-вооружение. Общее количество размещаемых на кораблях радиосредств разного тактического назначения зависит от класса корабля и его назначения. Например, на зарубежных штабных кораблях, появившихся в период второй мировой войны, количество передатчиков и приемопередатчиков доходит до 30—40, а количество приемников различного назначения — до 80 и даже больше.

Принципиально корабельные средства радиосвязи не отличаются от береговых или от используемых в сухопутных войсках. Однако они имеют ряд характерных черт, обусловленных специфическими требованиями, которые, по высказываниям многих зарубежных специалистов, сводятся к следующим.

Основное требование заключается в необходимости одновременности радиоприема и радиопередачи по всем заданным для данного корабля линиям связи в условиях интенсивных взаимных помех (работы радиостанций, радиолокационных станций и различных электрических механизмов, которых на корабле очень много).

В отличие от береговых условий корабельные средства радиосвязи размещены на очень ограниченных площадях при малых расстояниях между антеннами связных и радиолокационных станций, что обуславливает неизбежные взаимные радиопомехи.

Поэтому защита радиоприема от помех, создаваемых радиопередатчиками, радиолокационными станциями, многочисленными электромеханизмами, а также такелажем и верхнепалубными сооружениями, является первоочередной задачей.

Для этого, например, приемную и передающую аппаратуру располагают в разных помещениях: приемную — в носовой части, в районе фок-мачты, а передающую — в кормовой части корабля, в районе грот-мачты; при этом строго соблюдаются все правила экранирования силовых и высокочастотных каналов антенных фидеров. Приемные и передающие антенны разносят как можно дальше друг от друга и размещают группами.

С помощью системы экранов и фильтров устраняют помехи, создаваемые радиоприему корабельными радиолокационными станциями и электромеханизмами.

Особое внимание на кораблях уделяют устранению помех радиоприему, создаваемых такелажем и верхнепалубными сооружениями при работе передатчиков корабля.

Дело в том, что в момент работы корабельных передатчи-

ков под влиянием излучающих антенн в такелаже, рангоуте и поднятых над палубой сооружений наводятся значительные высокочастотные токи, вызывающие излучение энергии. В результате в приемники попадает множество помех, которые прослушиваются на выходах приемников как характерные шумы и трески в широком диапазоне частот и достигают нередко таких величин, что прием дальних корреспондентов в указанном диапазоне оказывается невозможным.

Другое требование, предъявляемое к корабельным средствам радиосвязи, — необходимость беспоскоковой и бесподстрочной связи.

Известно, что если точность частоты радиопередающей и радиоприемной аппаратуры невелика, то для вхождения в связь радист на приемном конце радиолинии должен непрерывно вести поиск своего корреспондента. При достаточной же точности частоты войти в связь можно без поиска, что облегчает работу радиотелеграфиста, уменьшает число пропущенных радиogramм и сокращает время, необходимое для передачи.

Высокая точность частоты аппаратуры радиосвязи достигается главным образом применением высококачественных деталей, специальных схем и стабилизацией питающих напряжений. Широко применяется кварцевая стабилизация. Так, например, в некоторых станциях с помощью нескольких кварцев получают сотни фиксированных волн с большой точностью по частоте.

Следующей характерной особенностью корабельных средств связи является дистанционное управление с выносных постов.

В ряде случаев у командира корабля (соединения) или другого офицера, нуждающегося во внешней связи, возникает необходимость непосредственно пользоваться радиосредствами, не покидая своего командного пункта. Для этого на кораблях используются специальные выносные посты и коммутаторы к ним. Система выносных постов и их коммутаторов приближала средства радиосвязи к командованию. Ниже мы еще коснемся этого вопроса при рассмотрении системы дистанционного управления средствами связи.

В настоящее время к основным видам радиосвязи относятся: телефон, телеграф слуховой, фототелеграф и телеграф буквопечатанием.

Использование того или иного вида связи определяется обстановкой и особенностями, присущими каждому из них.

Наибольшие возможности дает, конечно, телефонная связь, лучше всего заменяющая личное общение, особенно при совре-

менном уровне развития техники записи звука, обеспечивающем в сущности и документальность телефонной связи, где это необходимо.

Телефоном удобно пользоваться, он не требует знания азбуки, как при телеграфии, разговор по телефону может вестись без помощи радиоспециалиста. Однако при телефонной связи используется широкая полоса частот на один канал, в результате чего понижается помехоустойчивость и скрытность связи. Кроме того, работа в телефонном режиме требует большой мощности, а дальность связи при прочих равных условиях значительно понижается. Поэтому на кораблях флота в основном применяется слуховой телеграф.

Применяются также документальные виды связи — буквопечатающий телеграф и фототелеграф. Для буквопечатающей и фототелеграфной радиосвязи используются радиоприемники и радиопередатчики корабля и соответствующие оконечные устройства: приемные и передающие телеграфные и фототелеграфные аппараты.

Буквопечатающая аппаратура позволяет передавать с корабля телеграммы, донесения и приказания; при этом скорость радиобмена повышается. Однако буквопечатающая связь требует специальной помехозащиты и использования передатчиков большей мощности, чем при слуховом телеграфе для получения такой же дальности связи.

Для передачи карт с нанесенной обстановкой, схем, гидрометеорологических сведений, цифровых и буквенных шифротелеграмм и материалов для корабельных газет применяется фототелеграф.

Выше мы уже указывали, что на флоте для связи используется весь диапазон радиоволн. На береговых линиях связи, где каждая станция в большинстве случаев имеет связь с определенными корреспондентами, можно работать на заранее выбранных волнах. Для корабельных же радиостанций установить заранее определенные волны связи затруднительно, так как расстояние между корреспондентами и их количество могут меняться в больших пределах (в зависимости от назначения корабля и дальности плавания). Кроме того, возможные помехи со стороны противника требуют частой смены волн корабельных радиостанций. Все это вынуждает иметь на кораблях радиопередатчики и радиоприемники с широким диапазоном волн. Это также является характерной чертой корабельных средств связи.

Радиоаппаратура, устанавливаемая на кораблях флота, должна устойчиво работать при следующих сравнительно тяжелых условиях:

— при значительно изменяющейся температуре (в помещениях, где установлена радиоаппаратура, тем-

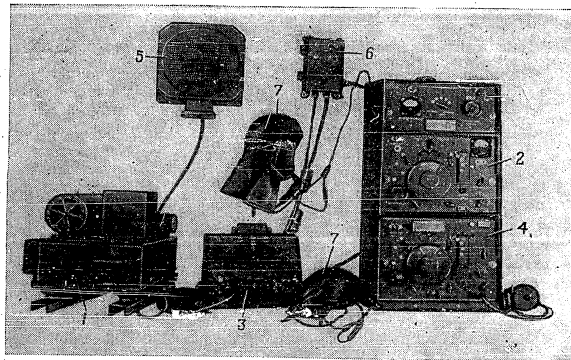


Рис. 104. Общий вид корабельной радиостанции Р-607:
1 — блок питания; 2 — передатчик; 3 — пульт управления; 4 — приемник; 5 — громкоговорящий; 6 — выносной пост связи; 7 — шлемофон

пература воздуха при работе передатчиков поднимается до 50° и выше);

— при влажности, доходящей до 95 %;

— при бортовой или килевой качке с различными углами наклона;

— при вибрациях и тряске, особенно сильных на малых кораблях (торпедных катерах);

— в условиях артиллерийской стрельбы, сопровождаемой ударными толчками.

Необходимость обеспечения нормальной работы средств радиосвязи в таких условиях во многом определяет конструкцию корабельной радиоаппаратуры и оказывает влияние на ее электрическую схему; передатчики и приемники должны обладать высокой механической и электрической прочностью.

На остальные характерные особенности радиоаппаратуры мы укажем при рассмотрении корабельных радиопередатчиков (рис. 104), радиоприемников и антенно-фидерных устройств.

Корабельная радиопередающая аппаратура. Количество устанавливаемых на кораблях радиопередатчиков разного тактического назначения зависит от типа и класса корабля.

По своей схеме и конструкции корабельные радиопередатчики допускают компактную групповую установку в радиоцентре.

На кораблях используется радиоаппаратура ультракоротковолнового, коротковолнового и средневолнового

диапазонов. Длинноволновые передатчики на кораблях не устанавливаются: они громоздки и требуют очень больших антенных устройств.

Стабильность частоты передатчиков высокая. Она позволяет осуществлять бесперерывную связь почти на всем плавном диапазоне, что достигается применением специальной схемы задающего генератора, высококачественных деталей и стабилизации питающих напряжений.

Схема и конструкция радиопередатчиков позволяют осуществлять радиосвязь всеми видами связи, причем радиотелеграфная и телефонная связь могут осуществляться симплексом и полудуплексом непосредственно с места расположения передатчика или с выносных постов.

Мощность корабельных радиопередатчиков по сравнению с береговыми небольшая, однако при правильном выборе длины волны можно поддерживать уверенную круглосуточную радиосвязь на больших расстояниях (на расстояниях нескольких тысяч миль).

Схемы корабельных радиостанций позволяют изменять выходную мощность передатчика в больших пределах. Радиопередатчики обладают высокой механической и электрической прочностью, имеют блочную конструкцию и однотипные схемы, поэтому соответствующие блоки однотипных передатчиков взаимозаменяемы. Такая система конструкции корабельной аппаратуры широко применяется во многих странах как наиболее удобная при эксплуатации и обучении личного состава. Как правило, все передатчики рассчитаны на питание от сети переменного тока различного номинала через выпрямители, практически не создающие помех. Однако питание возможно и от сети постоянного тока с применением соответствующих преобразователей.

Общий вид передатчика, используемого на кораблях ВМФ, приведен на рис. 105.

Корабельная радиоприемная аппаратура. Количество радиоприемной аппаратуры, устанавливаемой на кораблях, обычно несколько больше, чем радиопередаточной аппаратуры.

Радиоприемные устройства плавно перекрывают коротковолновый, средневолновый и длинноволновый диапазоны волн. Это достигается использованием одного всеволнового приемника или двух приемников: длинноволнового и коротковолнового.

На надводных кораблях и береговых объектах наиболее распространены коротковолновые приемники, а на подводных лодках — всеволновые или коротковолновые и длинноволновые. Благодаря точности частоты настройки при работе приемников со столь же точными по частоте передатчиками достигается бесперерывная связь.

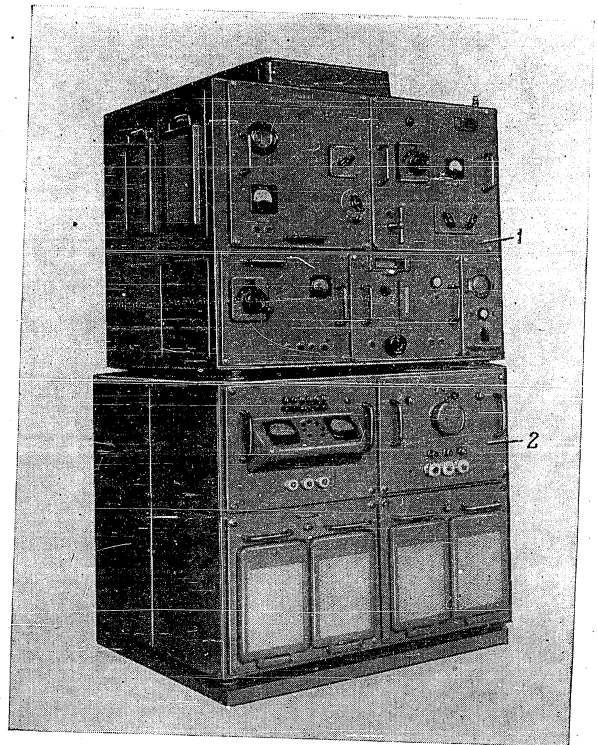


Рис. 105. Общий вид корабельного передатчика Р-641:
1 — передатчик; 2 — выпрямитель

Корабельные радиоприемники обладают хорошей избирательностью, т. е. они способны выделять принимаемый полезный сигнал (на частоту которого настроен радиоприемник) из большого количества работающих станций. Радиоприемники, обладающие высокой избирательностью и стабильностью частот, лучше приспособлены для одновременного приема и передачи, что очень важно в корабельных условиях. На кораблях применяются только супергетеродинные приемники, так как повышенная избирательность приемников может быть достигнута лишь построением их по супергетеродинной схеме с использованием специальных многоконтурных фильтров.

Для корабельных приемников характерна высокая чувствительность, позволяющая принимать очень слабые сигналы. Для обеспечения приема сигналов на погруженных подводных лодках применяются сверхчувствительные длинноволновые устройства, способные принимать сигналы, напряженность поля которых значительно ослабляется в воде.

На больших кораблях приемная аппаратура устанавливается в отдельных помещениях, что позволяет обеспечить одновременность приема и передачи и создает лучшие условия в использовании средств радиосвязи в системе внутрикорабельного управления средствами связи.

Питаются приемники, как правило, от сети переменного тока через выпрямитель. Все радиоприемники имеют фильтры для подавления радиолокационных помех и имеют защиту входных цепей от повреждения при совпадении частоты настройки приемника с частотой работающего передатчика.

Обычно на кораблях всех рангов применяются командно-трансляционные устройства (рис. 106), в состав которых входит всеволновый радиоприемник. Эти устройства при повседневной деятельности корабля служат для передачи команд и распоряжений по выполнению распорядка дня, планов боевой подготовки, проведению массово-политических мероприятий (передача политинформаций, бесед, трансляция концертов широкоэмитальных станций и т. д.). В период боевой деятельности корабля трансляционные устройства используются для управления действиями личного состава, организации борьбы за живучесть корабля и для информации личного состава о действиях корабля и соединения. В зависимости от количества и мощности включенных на корабле громкоговорителей морские командно-трансляционные устройства имеют различную звуковую мощность — от нескольких сотен ватт для кораблей 1-го и 2-го ранга до нескольких ватт для кораблей 4-го ранга и вспомогательных судов. Громкоговорители устанавливаются на всех постах и в помещениях корабля, по которым распisan личный состав.

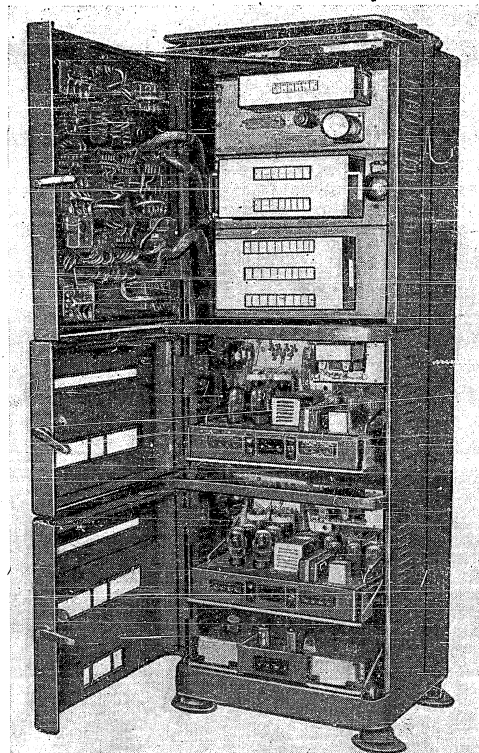


Рис. 106. Вид стойки командно-трансляционного устройства

На командных пунктах и в помещениях корабля устанавливаются микрофонные посты, позволяющие командованию корабля и офицерам дежурно-вахтенной службы передавать устные команды, распоряжения и уставные корабельные сигналы колокола громкого боя. На командно-трансляционных устройствах установлена определенная очередность передач, например, вышестоящие командные пункты корабля, на которых установлены микрофонные посты, имеют при передаче преимущество перед подчиненными им другими командными пунктами и т. п.

Трансляционные устройства позволяют немедленно доводить определенные команды сразу до всего личного состава корабля, что значительно облегчает управление действиями личного состава и способствует повышению организованности и боеспособности.

Время на прохождение команды через громкоговорящие устройства до исполнителей сокращается в несколько раз по сравнению с временем прохождения команд при использовании аппаратуры телефонной связи.

Все большее применение в корабельной радиосвязи находит ультракоротковолновая радиоаппаратура. Радиосвязь на ультракоротких волнах стала основным видом ближней связи.

Ультракоротковолновые приемно-передающие радиостанции, работающие в симплексном радиотелефонном режиме, предназначаются для связи надводных кораблей, подводных лодок и катеров между собой, а также с авиацией и берегом.

Эти станции обладают высокой стабильностью по частоте (используются сменные фиксированные волны, стабилизированные кварцем). Предварительно станции настраиваются на несколько частот. В процессе работы переход с одной частоты на другую производится автоматически простым нажатием кнопки на пульте управления без последующей подстройки. Приемник имеет весьма высокую чувствительность и хорошую избирательность, благодаря чему достигается надежная связь в пределах прямой видимости и возможна одновременная независимая работа нескольких десятков радиолиний на ограниченной площади без взаимных помех. Мощность передатчика незначительна — всего несколько ватт. Количество радиостанций на кораблях зависит от типа и класса корабля.

На кораблях флота используются также маломощные радиостанции, такие же, как в сухопутных войсках.

Корабельные антенно-фидерные устройства. Эффективность действия корабельных антенно-фидерных устройств хуже, чем у обычных береговых антенн. Объясняется это их сравнительно малыми габаритами, длинными высокочастотными

фидерами, большим количеством антенн на корабле и недостаточностью их разнесения друг от друга.

Наиболее важная причина низкой эффективности корабельных антенно-фидерных устройств — большая длина высокочастотных фидеров, соединяющих антенны со входом приемников или с выходом передатчиков. Корабельные антенны типа «штырь» или «луч» имеют резко выраженные резонансные свойства, поэтому эффективно их можно использовать только на отдельных участках диапазона приемника или передатчика. Это обстоятельство вызывает необходимость иметь для одного передатчика несколько различных антенн.

В настоящее время на кораблях применяются преимущественно несимметричные антенны, так как по геометрическим размерам они в два раза меньше симметричных.

Основной тип несимметричных корабельных антенн — штыревые антенны. Они, как правило, имеют неравномерное поперечное сечение и устанавливаются на кронштейнах.

Кроме того, на кораблях применяются несимметричные подвесные проволочные антенны — лучевые, цилиндрические и Г-образные. Используются они как для передачи, так и для приема. Лучевые антенны бывают различной длины, до 20—25 м.

В отличие от однопроводных лучевых антенн цилиндрические антенны выполняются не из одного провода, а из нескольких проводов, расположенных по образующей цилиндра. На кораблях такие антенны применяются преимущественно как передающие антенны мощных коротковолновых передатчиков, поскольку они обеспечивают более эффективную работу передатчика и фидера, питающего антенну, при меньших напряжениях в антенно-фидерной системе.

Для эффективной работы мощных средневолновых передатчиков корабля используются многопроводные Г-образные антенны. Эти антенны могут использоваться и для работы маломощных передатчиков или в качестве приемных длинноволновых антенн. Основные типы корабельных антенн показаны на рис. 107. Штыревые антенны имеют небольшие размеры по сравнению с другими антеннами, создают лучшие условия для одновременной работы передатчиков и приемников.

Приемные и передающие антенны на кораблях размещаются группами и максимально разносятся друг от друга.

В пределах своих групп антенны размещаются также по возможности дальше друг от друга, иначе из-за большого влияния между ними одновременная работа передатчиков или приемников без взаимных помех будет невозможна.

Помимо основных антенн, на кораблях имеются еще запасные, так называемые аварийные антенны. Это однолуче-

вые легкие антенны, поднимаемые между мачтами или между мачтой и трубой в случае уничтожения основных антенн.

Антенны ультракоротковолновых станций для получения максимальной дальности связи между кораблями размещаются по возможности выше всех корабельных надстроек. Только при этом условии будет получена максимальная дальность связи, не зависящая от курсового угла корабля. Однако практически на большинстве типов кораблей ультракоротковолновую антенну нельзя разместить на толах мачт, поэтому

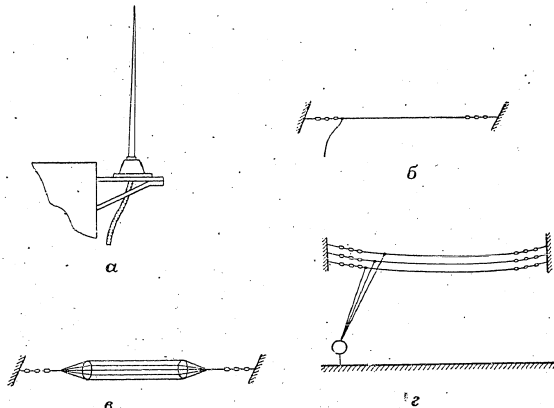


Рис. 107. Основные типы корабельных антенн:

а — штыревая; б — Г-образная; в — цилиндрическая; г — многопроволочная Г-образная

диаграмма направленности в горизонтальной плоскости искажается различными препятствиями, лежащими на пути распространения волны. Следовательно, дальность связи на кораблях зависит от курсового угла, что необходимо учитывать корабельным офицерам и особенно офицерам-связистам.

Приемные и передающие антенны соединяются с радиоприемниками и радиопередатчиками высокочастотными экранированными фидерными устройствами, по которым ток высокой частоты передается от передатчика к передающей антенне или от приемной антенны к приемнику.

Система внутрикорабельного управления средствами связи. Одна из особенностей эксплуатации корабельных средств радиосвязи — их работа в системе внутрикорабельного управле-

196

ния средствами радиосвязи. Эта система включает в себя выносные посты связи, специальные коммутаторы для них и антенные коммутаторы. Коммутаторы, как правило, имеются на всех постах связи, где установлена приемная и передающая аппаратура.

Выносные посты связи размещаются на командных пунктах. Им придается усилитель с громкоговорителем для громкоговорящего приема от скомутированных на эти посты радио-приемников.

Выносные посты связи позволяют командиру самостоятельно, без помощи радиотелеграфистов, с командного пункта включать радиостанцию (предварительно скомутированную на этот пост) и вести радиопереговоры. От каждого передатчика, приемника, радиостанции и выносного поста связи заводится кабель на специальный коммутатор, позволяющий скомутировать несколько передатчиков (в зависимости от класса корабля) на любой выносной пост связи и любой из приемников на любые выносные посты связи.

Кроме выносных постов и коммутаторов к ним, на кораблях имеется ряд типов антенных коммутаторов, которые позволяют коммутировать любую из приемных или передающих антенн, заведенных в данный пост связи, на любой из приемников или передатчиков этого поста, а также переключать эти антенны с данного коммутатора на коммутаторы, расположенные на других постах связи.

Система выносных постов связи, их коммутаторов и антенных коммутаторов связывает все радиосредства корабля в единую систему, гибкую, живучую, позволяющую значительно повысить оперативность и надежность радиосвязи.

БЕРЕГОВЫЕ СРЕДСТВА РАДИОСВЯЗИ

На берегу создаются специальные радиоцентры, оснащенные большим числом приемной и передающей радиоаппаратуры. При оборудовании береговых узлов связи широко используются корабельные средства радиосвязи, рассмотренные нами выше, с небольшими конструктивными изменениями, позволяющими использовать эти средства связи более эффективно. Особенно это касается радиопередающих устройств, которые работают в основном на симметричные направленные антенны. Наряду с корабельными радиопередатчиками береговые радиоцентры имеют в своем составе большое количество коротковолновых передатчиков мощностью до десятков киловатт, а также мощные длинноволновые радиопередатчики, предназначенные главным образом для связи с подводными лодками, находящимися в подводном положении.

Приемные радиоцентры насчитывают в своем составе несколько десятков радиоприемников и оборудуются в основном

197

корабельными радиоприемными устройствами. В большинстве случаев радиоприемники работают на эффективные симметричные направленные антенны.

Береговые антенно-фидерные устройства по своей конструкции и тактико-техническим характеристикам значительно отличаются от корабельных антенно-фидерных устройств. Размещение антенн на берегу не вызывает особых затруднений, поэтому приемные и передающие радиостанции, как правило, оборудуются симметричными направленными антеннами. Корабельные антенно-фидерные устройства тоже применяются, но в качестве резервных, аварийных.

Помимо стационарных приемных и передающих радиостанций, в военно-морском флоте применяются подвижные приемно-передающие радиостанции, смонтированные на автомобилях. Они оборудуются корабельными средствами радиосвязи, а также средствами радиосвязи, используемыми в сухопутных войсках.

ГЛАВА VIII

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕВИДЕНИЯ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

Быстрота смены обстановки в современном бою и трудности немедленной передачи все новых и новых данных о ней повышают роль личных наблюдений командира и офицеров штаба за полем боя. Возрастает потребность в получении более свежих и объективных данных о противнике. Большое количество соединений, частей и подразделений, находящихся в подчинении одного командира, а также необходимость рассредоточенного расположения войск на поле боя требуют применения новых средств визуальной связи и управления, поскольку имеющиеся средства наблюдения — бинокли, стереотрубы и специальные оптические приборы — не могут обеспечить нужных дальностей видения и не удовлетворяют потребностей командиров.

Увеличение дальности видения достигается применением телевидения, посредством которого «приближается» поле боя к командиру, находящемуся на наблюдательном или командном пункте, значительно удаленном от места действия войск.

Основные принципы телевизионной передачи. В военном деле телевидение [62, 63, 64] позволяет видеть на экране телевизионного приемника изображения подвижных и неподвижных объектов, переданные по радио или проводному каналу связи на значительные расстояния.

Принципы передачи изображений основываются на том, что внешнее очертание каждого объекта можно рассматривать как комбинацию очень большого числа точек (элементарных участков), обладающих разной отражательной способностью падающего на них света, т. е. точек темных и относительно светлых.

Телевизионная передача с использованием электрического канала связи осуществляется путем применения устройств, выполняющих преобразование светового изображения в электрические сигналы на передающей телевизионной станции и обратное преобразование электрических сигналов в световое

изображение на приемной станции. Основными элементами этих устройств являются электронно-лучевые трубки — передающие (иконоскоп, супериконоскоп, суперартикон, видикон) и приемные (кинескоп).

Упрощенная блок-схема телевизионной передачи приведена на рис. 108. Процесс передачи и приема изображений коротко сводится к следующему.

Световой поток, отраженный от рассматриваемого объекта и его фона, с помощью оптического устройства (объектива) фокусируется на светочувствительный слой передающей телевизионной трубки. Передающая трубка (с участием других элементов схемы) преобразует энергию светового потока в электрическую энергию. При этом яркости отдельных участков и точек изображения преобразуются в пропорциональные электрические сигналы. Развертывающее устройство (генераторы кадровой и строчной развертки), работающее под управлением синхронизирующего устройства (генераторы кадровых и строчных синхронимпульсов), производит развертку электронного луча по строкам и кадрам. Электронный луч последовательно обходит всю поверхность трубки, на которую фокусируется световой поток. Этот обход производится по горизонтальным строкам изображения — строка за строкой сверху вниз. Совокупность всех строк, на которые разложено изображение, образует один кадр изображений (или растр). Чем больше число строк в кадре, тем выше четкость изображения. Число строк бывает от 400 до 625. Скорость движения электронного луча выбирается такой, чтобы он обегал весь кадр за время не более чем 0,04 сек. Только в этом случае все световые точки, составляющие изображение, будут представляться наблюдателю видимыми одновременно. Для восприятия перемещающегося объекта в непрерывном движении надо, чтобы на экране проходило в 1 сек около 25 сменяющихся неподвижных кадров. Развертка электронного луча по строкам и кадрам осуществляется обычно воздействием на него магнитным полем, образуемым системой отклоняющих катушек, через которые пропускается ток от генераторов развертки, управляемых синхронизирующими импульсами. Образующиеся на выходе передающей трубки телевизионные сигналы предварительно усиливаются в видеоусилителе и поступают в модулятор. Сюда же подводятся и синхронизирующие импульсы от синхронизирующих генераторов. Напряжением телевизионных сигналов и импульсов модулируются высокочастотные колебания радиопередатчика. Эти колебания излучаются передающей антенной в пространство.

На приемной станции из принятых радиосигналов после их усиления и обычного преобразования с помощью соответствующих детекторов выделяются телевизионные сигналы и синхронимпульсы, которые усиливаются видеоусилителем.

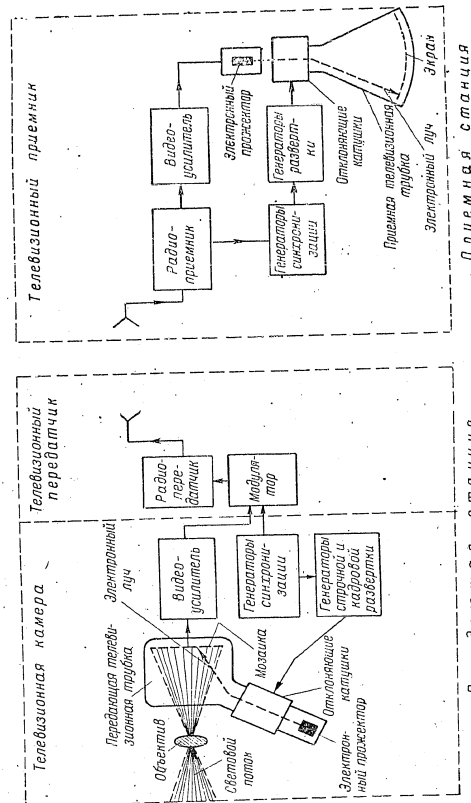


Рис. 108. Блок-схема телевизионной передачи

С выхода видеусилителя телевизионные сигналы подаются непосредственно на приемную телевизионную трубку и преобразуются в ней в соответствующее световое изображение, видимое на экране. Синхронимпульсы через синхронизирующие генераторы управляют генераторами строчной и кадровой развертки, которые обеспечивают развертку электронного луча в приемной трубке, в точности повторяющую развертку в передающей трубке. При этом начало и конец каждой строки и каждого кадра на приеме в точности совпадают с началом и концом каждой очередной строки и кадра разложения изображения на передаче. Только в этом случае будет происходить правильный прием изображения.

Спектр частот телевизионного сигнала имеет полосу шириной примерно 50 Мгц — 6 Мгц . В этом состоит одно из характерных отличий телевизионного сигнала от радиотелефонного. Для неискаженной передачи телевизионного сигнала по радиоканалу необходимо, кроме обеспечения широкой полосы канала, чтобы несущая частота радиопередатчика была больше максимальной частоты этого сигнала в 10—15 раз. Этим объясняется необходимость применения для телевизионных передач УКВ диапазона. В настоящее время для телевизионных передач используются радиоустройства с диапазоном частот от 45 до 1000 Мгц . В телевизионном вещании СССР используется диапазон частот от 48,5 до 100 Мгц .

Из-за слабой дифракционной способности УКВ дальность телевизионных передач ограничивается, как правило, пределами прямой видимости. Для увеличения дальности применяют передатчики большой мощности и высокие антенны, а также радиорелейные линии с 15—20 ретрансляциями (дальность до 1000 км).

Основные направления боевого использования телевизионной техники. В зарубежной литературе в настоящее время освещены некоторые полевые телевизионные системы, предназначенные для различного боевого применения в вооруженных силах. Например, в армии США создана и принята на вооружение тактическая телевизионная система, предназначенная для использования в сухопутных войсках с целью наблюдения за полем боя и тактической глубиной расположения противника, обнаружения перегруппировок войск противника и скопления его резервов, выявления объектов для подавления артиллерией и авиацией, а также для наблюдения за действиями своих войск и контроля за выполнением распоряжений и приказов, отдаваемых командиром и штабом.

Простейшая полевая телевизионная аппаратура представляет собой телевизионную камеру, радиопередатчик и телевизионный приемник. Телевизионная камера весом от нескольких килограммов до нескольких сот граммов включает в себя оптическую систему в виде одного или нескольких объективов,

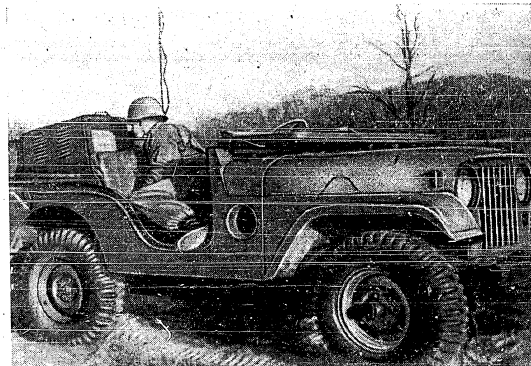


Рис. 109. Полевая телевизионная аппаратура

передающую трубку, развертывающее и синхронизирующее устройства и видеоусилитель. Радиопередатчик метрового или дециметрового диапазона волн имеет компактную конструкцию и вес от нескольких килограммов до 20 кг и более. Телевизионная камера и радиопередатчик могут либо выполняться в переносном варианте, либо устанавливаться на различных подвижных объектах — бронетранспортере, танке, самолете, морском корабле и т. п. Телевизионный приемник, как правило, устанавливается на автомобиле. Один из примеров использования простейшей полевой телевизионной аппаратуры показан на рис. 109. Телевизионная передача обозреваемого с помощью переносной камеры переднего края ведется по радио через передатчик, находящийся за плечами солдата. Прием осуществляется на телевизионный приемник, смонтированный на легковом автомобиле.

Комплексное использование тактической телевизионной системы сухопутных войск представлено на рис. 110.

От переносных телевизионных камер изображения передаются с помощью радиопередатчиков метровых волн на расстояние в несколько километров на контрольно-ретрансляционные пункты, каждый из которых состоит из смонтированного на автомобиле телевизионного приемника и радиопередатчика дециметровых или сантиметровых волн, обеспечивающего передачу ретранслируемых сигналов на расстояние до нескольких десятков километров. Служебная связь между контрольно-ретрансляционным пунктом и оператором с переносными телевизионными камерами осуществляется с помощью отдельных ультракоротковолновых радиостанций миниатюрной конструкции. С контрольно-ретрансляционных пунктов сигналы передаются далее в тыл (обычно на командный пункт) на приемную телевизионную машину.

В бронетранспортере может устанавливаться несколько телевизионных камер различной чувствительности. Передача изображений от одной из камер ведется по радио (как правило, на метровых волнах) непосредственно на приемную телевизионную машину на расстояние до 15—20 км, что обеспечивается более мощным передатчиком и повышенными размерами антенны.

На самолете устанавливаются, как правило, две телевизионные камеры с передающими трубками повышенной чувствительности (например, «суперартикон»), имеющими более сложное устройство и крупные размеры по сравнению с миниатюрными трубками типа «видикон». Изображение (поочередно с каждой камеры) передается через радиопередатчик метровых волн непосредственно на приемную машину на расстоянии 100—120 км при высоте самолета 2000—3000 м.

В приемной машине установлено несколько телевизионных приемников, работающих каждый от своей антенны, коммута-

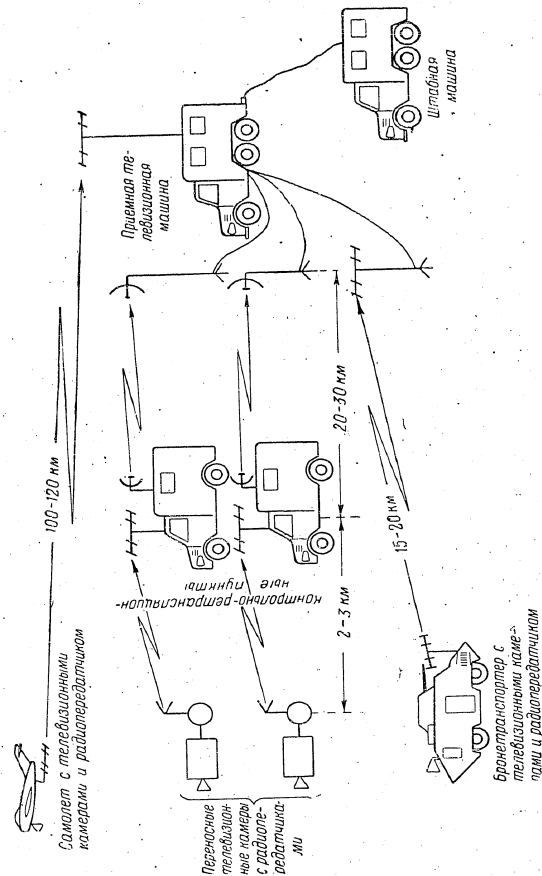


Рис. 110. Схема комплексного использования тактической телевизионной системы в сухопутных войсках

ционная аппаратура и средства служебной связи. Из этой машины осуществляется управление всей телевизионной системой. Она связана коаксиальным кабелем со штабной машиной, в которой производится просмотр и фотографирование передаваемых с телевизионных камер изображений.

С помощью указанной телевизионной системы могут решаться следующие тактические задачи:

- наблюдение за полем боя на переднем крае;
- разведка тактической глубины обороны противника, расположения войск, характера обороны, подхода резервов, мостов, дорог и т. д.;
- выявление объектов, подлежащих подавлению артиллерийским огнем или авиацией;
- корректировка артиллерийского огня;
- наблюдение за переправами, ходом десантных операций и управление ими;
- ведение наблюдения за объектами, находящимися на местности, зараженной радиоактивными веществами.

Дальность наблюдения телевизионной системы определяется при прочих равных условиях типом используемой оптической системы. В портативных камерах применяются короткофокусные объективы с дальностью наблюдения до нескольких сот метров. Применение длиннофокусных объективов обеспечивает дальность наблюдения до нескольких километров, однако с уменьшенным углом зрения. Иногда к камерам придают несколько сменных объективов.

Кроме рассмотренной телевизионной системы, имеются системы телемеханического управления беспилотными управляемыми снарядами или бомбами, для подводного телевидения и поиска затонувших судов, для воздушной и морской навигации и др.

Применение телевизионной техники открывает широкие возможности по совершенствованию системы управления войсками и боевой техникой.

Телевизионное изображение со звуковым сопровождением может передаваться по радиорелейной линии (с соответствующей шириной канала) на расстояние нескольких сот и даже тысяч километров на командные пункты штабов. В штабе может быть использован проекционный телевизионный экран больших размеров, обеспечивающий одновременный просмотр принимаемых изображений большим кругом лиц.

Телевидение начинает находить применение для видеосвязи (рис. 111), т. е. телефонной связи с возможностью видеть изображения разговаривающих, а также показа оперативной документации. Использование видеосвязи существенно повышает оперативность телефонной и документальной

связи между крупными штабами и обеспечивает личное общение командиров на больших расстояниях.

В последнее время телевизионную технику начинают применять как средство быстродействующей фототелевизионной связи. При этом скорость передачи составляет несколько десятков страниц текста в одну минуту. Аппаратура быстродей-

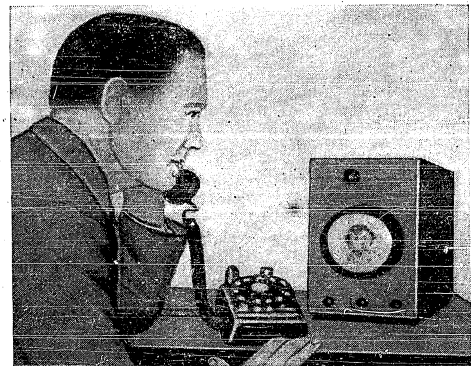


Рис. 111. Видеотелефон в технике связи

ствующей фототелевизионной связи является целесообразной для передачи большого объема текстовой и графической документации за малые промежутки времени с использованием радиорелейных линий.

Дальнейшее развитие телевизионной техники идет в направлении увеличения дальности действия телевизионных камер, повышения качества передач и четкости изображения. Особо стоит вопрос обеспечения телевизионных передач в любых условиях освещенности, в том числе ночью, в туман и т. д.

Наряду с этим ведутся работы по сужению полосы телевизионного сигнала. Требование широкой полосы канала связи для передачи телевизионного изображения затрудняет применение телевидения во всех звеньях управления и препятствует созданию широких сетей телевизионного наблюдения и связи.

С целью сужения спектра частот телевизионного сигнала и обеспечения возможности передачи его по обычному радио

или проводному каналу с полосой пропускания около 3 *кГц* (а не по специальной радиолнии или коаксальному кабелю с полосой пропускания порядка 6 *МГц*) в настоящее время ведутся работы по применению метода так называемого замедленного телевидения. Сущность этого метода сводится к следующему.

Как уже отмечалось, при передаче движущегося изображения для создания полной иллюзии естественности движения длительность фиксированного положения передаваемой картины необходимо иметь не менее 0,04 *сек*, т. е. в одну секунду должно передаваться не менее 24 кадров. Этим и обуславливается широкополосность телевизионного сигнала. Если уменьшить частоту передачи кадров, то на экране будут заметны последовательно сменяющиеся фиксированные изображения, но при этом резко сужается полоса телевизионного сигнала и уменьшается требуемая ширина канала связи. Например, при передаче за 10 *сек* одного кадра необходимая полоса канала связи составляет 16 *кГц*, а за 1 *мин* — около 3 *кГц*, что равно ширине полосы обычного телефонного канала. При некотором снижении четкости за счет уменьшения числа строк в кадре полосу передач можно сделать еще уже.

Замедленное телевидение найдет широкое применение в военном деле, например, как средство видеосвязи и для передачи графических документов.

В системах замедленного телевидения значительно упрощается аппаратура. Она может состоять из портативной передающей телевизионной трубки и приемного экрана. Пользоваться видеотелефоном чрезвычайно просто. Телевизионная аппаратура абонентов включается на работу при снятии трубок телефонных аппаратов. Разговаривающие не только слышат, но и видят друг друга. Видеотелефон повышает оперативность и доходчивость телефонной связи и, по-видимому, найдет широкое применение в системе управления войсками.

Проблема увеличения дальности телевизионного наблюдения решается путем разработки более совершенных телеобъективов. Проблема ночного видения решается путем создания специальных передающих трубок, работающих с применением инфракрасных лучей для подсветки объектов наблюдения.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ РАДИОЛОКАЦИОННАЯ ТЕХНИКА

ГЛАВА IX

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОЛОКАЦИИ В СССР

Начало развития радиолокации относится к 30-м годам текущего столетия, а широкое практическое применение она получила только в годы Великой Отечественной войны Советского Союза.

Явление, лежащее в основе радиолокации, — отражение радиоволн — было замечено и описано изобретателем радио Александром Степановичем Поповым еще в 1897 г. при проведении в Кронштадтской гавани опытов, связанных с совершенствованием созданных им связанных радиостанций.

Во время одного из опытов при определении дальности радиосвязи радиопередатчик был установлен на учебном судне «Европа», а приемник — на крейсере «Африка». Изменением расстояния между кораблями была найдена максимальная дистанция уверенной радиосвязи. Неожиданно радиосвязь прекратилась. Изучив это явление, А. С. Попов обнаружил, что связь прервалась в момент, когда между «Европой» и «Африкой» проходил крейсер «Лейтенант Ильин». После прохождения крейсера радиосвязь между «Европой» и «Африкой» сразу же восстановилась. Таким образом было открыто явление отражения электромагнитных волн от больших металлических тел. А. С. Попов указал, что это явление можно использовать для определения местоположения объектов, для радионавигации и радиопеленгации.

Однако в то время указанное открытие не могло найти практического применения из-за недостаточного развития радиотехники. Идея радиолокации не могла найти практического применения и в последующие десятилетия. Объясняется это в известной мере тем, что после первых опытов А. С. Попова, сделанных им с аппаратурой, работавшей на ультракоротких волнах, началось освоение диапазона длин-

ных волн, и только спустя некоторое время радиосвязь вернулась к более коротким волнам; кроме того, мощность первых передатчиков была недостаточно велика, а приемные устройства не отличались высокой чувствительностью. Практическая же радиолокация, исходя из условий отражения радиоволн телами (размеры тел должны быть больше длины волны или по крайней мере сравнимы с ней), а также из необходимости концентрации излучаемой энергии в определенном направлении, возможна, как правило, только на ультракоротких волнах. Вследствие небольшой мощности отраженного сигнала в радиолокационных станциях необходимо использовать мощные импульсные передатчики и высокочувствительные приемники, которые в первый период освоения ультракоротковолнового диапазона не могли быть выполнены. Для измерения небольших промежутков времени с точностью до единиц и десятых долей микросекунды потребовались электронно-лучевые трубки и специальные электрические схемы управления, разработка которых связана в известной степени с телевизионной техникой.

Отсюда становится ясным, что разработке и практическому осуществлению радиолокационной аппаратуры должен был предшествовать этап теоретического и технического развития радиоэлектроники, в процессе которого нужно было освоить ультракороткие волны, создать работающие в этом диапазоне мощные генераторные радиолампы и чувствительные приемные элементы. Такой этап радиоэлектроника прошла только к 30-м годам.

Прообразом первой отечественной импульсной радиолокационной станции была импульсная ионосферная станция, созданная в СССР в 1932 г. М. А. Бонч-Бруевичем для изучения верхних ионизированных слоев атмосферы, которые, как мы знаем из первой части книги, играют большую роль в распространении коротких радиоволн.

Принцип действия такой ионосферной станции легко пояснить с помощью рис. 112. Передатчик станции вырабатывает импульсы высокой частоты, которые посылаются антенной вертикально вверх и после отражения от ионосферы улавливаются приемником, расположенным на небольшом расстоянии от передатчика. По времени, прошедшему с момента излучения импульса передатчиком до момента приема отраженного сигнала, определяется высота ионосферы. Таким образом, действие этой станции было основано на принципе радиоэхо, используемом и в радиолокации. Работала станция на коротких волнах, хорошо отражающихся от ионизированных слоев атмосферы.

Примерно в то же время было обнаружено, что при пролете самолета между передатчиком и приемником, работающими на ультракоротких волнах, изменялся характер при-

маемого сигнала. Это говорило о наличии, кроме прямого принимаемого сигнала, еще и второго, отраженного сигнала, взаимодействующего с первым. Таким образом было установлено, что ультракороткие волны отражаются от самолета.

Это открытие указало на возможность использования радиоволн для предупреждения о приближении самолетов или во всяком случае о пересечении ими линии передатчик — приемник, что имело чрезвычайно большое военное значение, особенно для противовоздушной обороны.

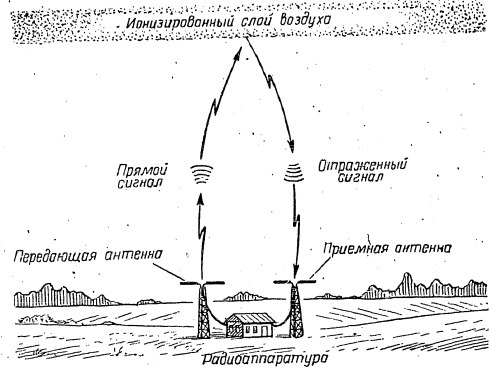


Рис. 112. Принцип действия ионосферной станции

Дальнейшие опыты по применению радиоволн для обнаружения самолетов и определения их местоположения проводились в основном в направлении создания импульсных радиолокационных станций и станций непрерывного излучения, использующих эффект Доплера. Этот эффект заключается в том, что частота сигнала, который отражается от движущегося предмета, изменяется пропорционально радиальной скорости этого предмета относительно излучающей станции.

Работы над созданием радиолокационных станций непрерывного излучения начались в СССР в достаточно широких масштабах в 1933 г. Первые опытные образцы станций работали на дециметровых и метровых волнах. Принцип работы станций заключался в выделении частоты биений между прямым непрерывным сигналом передатчика и сигналом, отраженным от движущейся цели и имеющим частоту, отличную от частоты передатчика.

Работы велись весьма успешно, и, несмотря на несовершенство первых генераторных и приемно-усилительных электровакуумных приборов дециметрового и метрового диапазонов, уже первые опытные образцы станций показали перспективность этого направления.

Наиболее успешно развивались работы по созданию станций обнаружения самолетов. К 1938 г. разработка первой такой станции была закончена, а в 1939 г. она была принята на вооружение наших войск. Эта станция обнаруживала самолеты противника на 80—100-километровом участке фронта и значительно упрощала задачу своевременного предупреждения войск и населения городов о приближении самолетов противника. Во время советско-финляндской войны эти станции несли боевую службу в системе ПВО Ленинграда.

С 1934 г. в нашей стране широко развернулись также работы по созданию импульсных радиолокационных станций, действующих по принципу, использованному в первой ионосферной станции М. А. Бонч-Бруевича.

Следует отметить, что открытие этого метода работы, значительно упрощающего измерение дальности отражающего объекта и, как мы убедимся в дальнейшем, позволяющего совместить передающую и приемную антенны, во многом способствовало развитию радиолокационной техники.

Импульсный метод работы характерен для большинства современных радиолокационных станций.

К 1938 г. был изготовлен полевой макет импульсной радиолокационной станции. Дальность действия этого макета составляла 100—120 км. Получение такой дальности в сочетании с достаточно высокой точностью определения координат позволяло считать этап разработки основных узлов станции законченным и перейти к конструктивной ее отработке. В 1939 г. станция такого типа, получившая позже название «Редут», уже использовалась в советско-финляндской войне.

Конструкция этих станций оказалась очень удачной: они обладали необходимой дальностью обнаружения самолетов и позволяли определять координаты вражеских бомбардировщиков и своих истребителей с точностью, обеспечивавшей эффективное наведение истребительной авиации. Подобные станции обнаружения и наведения использовались и в первый период Великой Отечественной войны.

Характерные особенности всех этих станций, выгодно отличающие их от аналогичных зарубежных образцов периода второй мировой войны,— простота радиотехнической и электрической схем, небольшая мощность первичных источников питания, малый вес и габариты. Станции этого типа имели всего несколько десятков радиоламп, небольшое число ручек регулировки и настройки, были просты и удобны в эксплуатации. Изготавливались они в двух вариантах: аппаратура

либо монтировалась на автомобилях, чем достигалась высокая мобильность станции, либо укладывалась при перевозке в ящики и развешивалась на боевой позиции за короткий период времени в отведенном для нее помещении — деревянном доме, землянке, палатке.

Советская Армия уже в первые годы Великой Отечественной войны имела на вооружении войск ПВО радиолокационные станции для обнаружения самолетов, управления огнем зенитной артиллерии и наведения истребительной авиации.

В дальнейшем, в трудные годы войны, советские ученые, инженеры-конструкторы и технологи наладили серийный выпуск радиолокационных станций различного тактического назначения, что позволило значительно повысить боевые возможности войск.

В настоящее время качество радиолокационного вооружения непрерывно улучшается и наши Вооруженные Силы получают все более совершенную радиолокационную технику.

* * *

Как часто бывает в науке и технике, развитие радиолокации шло практически одновременно в ряде стран. Так, работы по созданию и совершенствованию радиолокационных средств обнаружения воздушных, морских и наземных целей и управления боевым оружием осуществлялись в годы, предшествовавшие второй мировой войне, почти параллельно в Англии, Германии, США и других странах. В канун и в первые годы второй мировой войны на вооружение армий Англии и Германии были приняты радиолокационные станции различного тактического назначения. Так, на побережье Англии была построена цепь радиолокационных станций дальнего обнаружения самолетов, были созданы станции управления огнем зенитной артиллерии, началось вооружение радиолокационной аппаратурой кораблей военно-морского флота.

Станции обнаружения воздушных целей, управления огнем зенитных батарей и наведения истребительной авиации появились и в Германии. В США также велись усиленные работы по созданию радиолокационной аппаратуры, в результате которых в годы второй мировой войны промышленность Соединенных Штатов разработала и освоила в производстве целый ряд типов радиолокационных станций для войск ПВО, военно-воздушных сил и военно-морского флота. К концу войны были созданы радиолокационные станции различного тактического назначения.

Наряду с развитием радиолокации продолжалось интенсивное развитие и инфракрасной аппаратуры — приборов, использующих для обнаружения различных целей и управления стрельбой по ним инфракрасные (тепловые) волны.

Эти приборы, создание и применение которых началось раньше, чем радиолокационной аппаратуры, также получили в вооруженных силах различных стран широкое применение.

Ниже, в гл. X—XVIII, читатель познакомится с классификацией радиолокационных и инфракрасных средств, их принципами действия и областями применения.

Приведенные в книге тактико-технические характеристики радиолокационных станций и инфракрасных приборов различных назначений не следует относить (если только это в тексте специально не оговорено) к какой-либо конкретной радиолокационной и инфракрасной аппаратуре. Все числовые величины приведены лишь с целью общего ознакомления читателя с примерными характеристиками и основными свойствами аппаратуры того или иного тактического назначения. Поэтому они не могут использоваться читателями в качестве справочного материала, относящегося к конкретным образцам техники.

Некоторые конкретные образцы и отдельные узлы описываемой в книге аппаратуры относятся к зарубежным (главным образом американским и английским) радиолокационным станциям и инфракрасным приборам, дополнительные сведения о которых читатель может получить из приводимых в конце книги переводных работ.

Приведенная во второй части книги классификация радиолокационной и инфракрасной аппаратуры не является общепризнанной. Особенно это относится к новым областям боевой техники, в частности к радиоэлектронной аппаратуре ракетных средств, классификация которых дается во многих книгах различно¹.

¹ См. А. С. Локк, Управление снарядами. Гостехиздат, 1957.

ГЛАВА X

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЛОКАЦИИ

ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ РАДИОЛОКАЦИОННЫМИ СТАНЦИЯМИ

Радиолокацией называется совокупность средств и методов обнаружения и определения местоположения различных объектов с помощью радиоволн.

Местоположение можно определять одним из следующих методов:

— облучением объекта радиоволнами и приемом отраженного от него радиосигнала;

— облучением объекта радиоволнами и приемом от него ретранслированного сигнала;

— приемом сигналов, излучаемых самим объектом.

В большинстве случаев в радиолокации применяется первый и частично второй из этих методов. Первый метод не требует радиопередающих устройств на объектах радиолокации. Поэтому он может быть использован для обнаружения и определения местоположения не только своих, но и вражеских объектов.

При втором методе на обнаруживаемом объекте должна быть «ответная» радиоаппаратура, излучающая ответный сигнал после облучения радиоволнами своей станции, т. е. ретранслирующая определенные сигналы. Такой метод применяется для опознавания своих объектов, в навигационных целях, а также для обнаружения объектов (главным образом управляемых снарядов) и управления их движением.

Третий метод используется в основном при радиопеленгации объектов и для наведения снарядов на цель по ее излучению.

Таким образом, если под термином «радиолокация» подразумевать в основном первый и второй из указанных выше методов, то для обнаружения и определения местоположения объекта (самолета, корабля, крупных населенных пунктов

и т. д.) радиолокационная станция должна выработать электромагнитную энергию, излучить ее в нужном направлении, принять и зарегистрировать отраженный (ретранслированный) сигнал.

Координаты отражающего объекта определяются радиолокационными станциями путем измерения дальности этого объекта и установления направления на него.

Импульсный метод измерения дальности. Наиболее распространенный в настоящее время метод измерения дальности — импульсный. При этом методе станция излучает электромагнитную энергию не непрерывно, а в течение небольшого промежутка времени, измеряемого обычно миллионными долями секунды, после чего некоторое время работает только на прием, улавливая и регистрируя отраженные сигналы. Затем станция излучает следующий импульс и вновь переходит на прием.

Момент, когда сигнал, отраженный от объекта, достигнет станции, зависит от удаленности этого объекта: чем больше дальность, тем больше требуется времени для достижения зондирующим импульсом (импульсом, излучаемым станцией) объекта и возвращения отраженного импульса, или сигнала, к станции.

Определив время запаздывания отраженного сигнала по отношению к зондирующему импульсу и зная скорость распространения радиоволн, можно найти расстояние до отражающего объекта по формуле

$$D = \frac{ct}{2}, \quad (5)$$

где D — расстояние до отражающего объекта (рис. 113);

t — время запаздывания сигнала, т. е. время распространения его в прямом и обратном направлении;

c — скорость распространения радиоволн, которую с достаточной степенью точности можно принять равной 300 000 км/сек.

Цифра 2 в знаменателе формулы указывает на прохождение радиопульсом двойного пути — от радиолокационной станции до объекта и обратно.

Таков принцип измерения расстояния при импульсном методе работы радиолокационной станции. Он достаточно прост, дает очень высокую точность измерения дальности и позволяет упростить, как мы убедимся в дальнейшем, антенную систему станций. Поэтому он широко применяется в современной радиолокационной аппаратуре.

Измерение дальности при непрерывном излучении радиоволн. Наряду с импульсными радиолокационными станциями в настоящее время применяются и станции с непрерывным излучением. При этом методе работы также можно измерить

216

дальность отражающего объекта. Действительно, как мы убедились, для измерения дальности необходимо определить момент излучения радиоволн, с которого начинается отсчет времени их распространения, и момент прихода отраженного сигнала. С этой целью и применяют импульсное излучение радиоволн, так как при импульсной посылке сигнала легко определить как момент излучения, так и момент приема. Однако изменение амплитуды сигнала (т. е. создание импульсов) — не единственный метод, позволяющий нанести на излучаемые колебания своеобразную «метку», по которой можно было бы определить моменты излучения и приема.

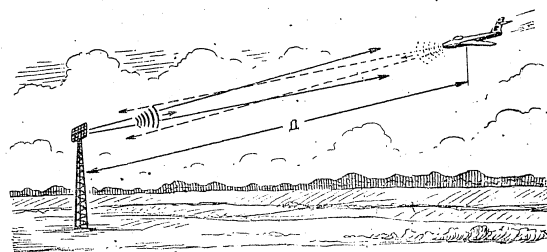


Рис. 113. Импульсный метод измерения дальности

Как известно, колебания характеризуются тремя параметрами: амплитудой, фазой и частотой. Таким образом, момент излучения и приема можно определить не только по амплитуде, но и по фазе и частоте сигнала. Эти методы и используются обычно при непрерывном излучении радиоволн. Достоинства и недостатки этих методов, как и принцип работы станций, основанный на них, мы рассмотрим несколько позже, когда будем знакомиться с конкретными типами радиолокационных станций.

Определение направления (измерение угловых координат). Для определения направления на отражающий объект (называемый часто радиолокационной целью) в радиолокационных станциях обычно применяются направленные антенны, излучающие радиоволны узким лучом, подобно прожектору. При вращении такой антенны и последовательном обзоре радиолучом требуемой зоны пространства происходит последовательное облучение всех целей, находящихся в этой зоне. Отраженный от каждой цели сигнал имеет наибольшее значение в тот момент, когда цель находится в направлении максимума

217

радиолуча, или, как принято говорить, максимума диаграммы направленности антенны (рис. 114). Фиксируя в это время положение антенны и радиолуча, определяют азимут β и угол места α цели.

Азимут называется углом в горизонтальной плоскости, отсчитываемый обычно от направления на север по направлению вращения часовой стрелки.

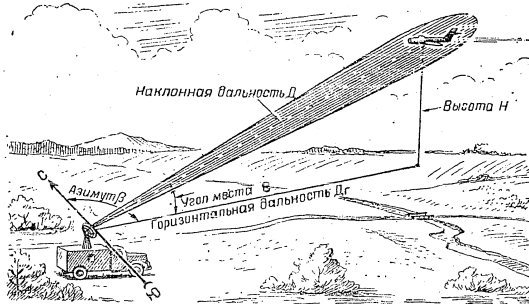


Рис. 114. Определение координат воздушной цели

Углом места называется угол в вертикальной плоскости, отсчитываемый от горизонтальной плоскости до направления на цель.

В ряде случаев, когда радиолокационная станция размещается на быстро перемещающемся объекте, например на управляемом снаряде, относительное угловое положение цели и снаряда измеряют не азимутом и углом места, а углами, отсчитываемыми в двух перпендикулярных плоскостях относительно направления полета снаряда.

Метод определения направления на цель, при котором фиксируется момент нахождения цели в максимуме диаграммы направленности, получил название «метода максимума». Он используется в некоторых типах радиолокационных станций различного тактического назначения. Метод максимума дает обычно невысокую точность определения координат. Для получения более высоких точностей прибегают к другим, более сложным методам, которые подробно будут рассмотрены в разделе, посвященном описанию станций орудийной наводки и наведения управляемых зенитных снарядов.

БЛОК-СХЕМА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Работу радиолокационной станции, как и любого другого радиотехнического устройства, лучше всего начинать рассматривать с назначения не отдельных элементов, а целых узлов и блоков аппаратуры, выполняющих ту или иную задачу (генерирование радиоволн, прием отраженных сигналов, измерение дальности объекта и т. п.). Для этой цели обычно прибегают к так называемой блок-схеме станции, на которой изображаются основные блоки станции, указываются их назначение и функциональная связь между ними.

Упрощенная блок-схема импульсной радиолокационной станции изображена на рис. 115.

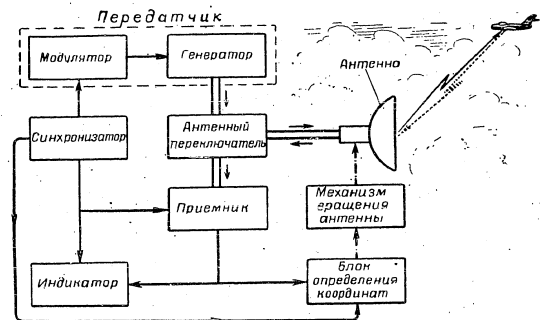


Рис. 115. Упрощенная блок-схема радиолокационной станции

Как следует из блок-схемы, аппаратуру радиолокационной станции можно подразделить на пять основных групп: радиопередатчик; антенную систему; приемник; индикаторное устройство с системой определения координат и управления вращением антенны и синхронизатор. Кроме того, в состав каждой радиолокационной станции должен входить источник электропитания.

Синхронизатор. Как мы уже знаем, импульсная радиолокационная станция излучает через определенные промежутки времени импульсы радиоволн. «Ритм», или, как обычно говорят, частоту повторения этих импульсов, и задает блок синхронизации станции, управляя работой модулятора и через него передатчиком станции. Вместе с тем блок синхронизации вырабатывает управляющие сигналы, позволяющие согласо-

вывать по времени (синхронизировать) с работой передатчика работу приемника, блоков индикации и определения координат, определять временные соотношения электрических процессов в ряде других блоков станции.

Конструктивно синхронизатор может быть выполнен в виде отдельного блока или представлять единое целое с модулятором или индикаторным блоком станции, а в некоторых, наиболее простых станциях он может и вообще отсутствовать. В последнем случае частота повторения зондирующих импульсов задается модулятором или даже непосредственно передатчиком станции.

Модулятор радиолокационной станции управляет работой генераторных ламп передатчика, обеспечивая при работе в импульсном режиме включение и выключение. Для этой цели модулятор, используя импульсы, поступающие от синхронизатора, формирует мощные импульсы необходимой амплитуды, формы и длительности.

Частота включения генератора, а следовательно, и частота повторения излучаемых (зондирующих) импульсов определяются частотой поступления импульсов от синхронизатора. Продолжительность работы генератора при каждом его включении (т. е. длительность зондирующего импульса) зависит от длительности формируемого в модуляторе импульса.

В радиолокационных станциях, в которых синхронизатора нет, частота повторения зондирующих импульсов определяется непосредственно модулятором станции.

Говоря о модуляторах, применяемых в большинстве радиолокационных станций, следует указать на одну особенность их электрических схем, связанную с импульсным методом работы. В момент излучения зондирующего импульса передатчик расходует большую импульсную мощность (сотни и тысячи киловатт). Потребление такой мощности непосредственно от источника питания создало бы неблагоприятные условия для работы станции и потребовало бы принятия специальных мер против падения напряжения на выходе источника питания. Поэтому модуляторы имеют специальные элементы, накапливающие энергию в периоды пауз в работе передатчика и предотвращающие перегрузку источника питания в моменты излучения импульсов.

Во время пауз в работе передатчика энергия постепенно потребляется от источника питания (например, высоковольтного выпрямителя) и накапливается в накопителе модулятора. Таким накопителем может быть конденсатор, катушка индуктивности или искусственная линия, образуемая из последовательно включенных ячеек, состоящих из конденсаторов и катушек индуктивности. В момент генерации зондирующих импульсов модулирующее устройство, включенное в цепь разряда, замыкается и к электродам генераторной лампы

прикладывается напряжение, имеющееся на накопительном элементе (за исключением напряжения, теряемого в модулирующем устройстве). Происходящий при этом частичный разряд накопительного элемента обеспечивает генераторную лампу энергией, необходимой для возникновения и поддержания в ней колебаний высокой частоты. Следующее через небольшой промежуток времени размыкание модулирующего устройства разрывает цепь разряда, и генерация импульса высокой частоты прекращается.

В качестве модулирующих устройств могут применяться электровакуумные (триоды и тетроды) и газонаполненные (тиратроны) лампы, а также электромеханические устройства. Электровакуумные и газонаполненные лампы отпираются положительным импульсом напряжения, формируемым в модуляторе.

Включенный в цепь заряда ограничитель, представляющий собой активное сопротивление или катушку индуктивности (применение последней с энергетической точки зрения более целесообразно), выполняет в модуляторе две важные функции: в период пауз обеспечивает постепенный заряд накопительного элемента, а в моменты генерации зондирующих импульсов предотвращает возникновение больших токов в цепи заряда, защищая тем самым источник питания от перегрузки.

Таким образом, модулятор станции обеспечивает включение высокочастотного генератора через определенные промежутки времени и генерирование им импульсов заданной формы и длительности.

Как легко заметить, импульсная модуляция является разновидностью амплитудной, так как модулятор изменяет амплитуду генерируемого станцией сигнала от некоторого максимального значения (в момент излучения импульса) до нуля (в период пауз в работе передатчика).

В радиолокационных станциях, работающих в режиме непрерывного излучения радиоволн, модуляторы могут быть использованы для фазовой или частотной модуляции излучаемого сигнала. Так, например, в самолетных радиолокационных высотомерах малых высот, с которыми читатель познакомится в разделе, посвященном описанию радиолокационных средств ПВО, модулятор служит для плавного изменения частоты излучаемых колебаний в заданных пределах.

Генератор. В качестве генераторных ламп в станциях применяются, как правило, специальные высокочастотные триоды, магнетроны и клистроны. Триоды используются в основном в станциях метрового и дециметрового диапазонов волн. В мощных передатчиках сантиметровых волн триодные генераторные лампы неприменимы. Во-первых, это связано с тем, что при

высоких частотах (сантиметровые волны соответствуют частотам 3000 Мгц и выше) на работу лампы начинает влиять инерция электронов и время пролета их от катода к аноду становится сравнимым с периодом колебаний.

Остановимся на этом явлении более подробно. Как известно, генераторная лампа, включенная в колебательный контур, поддерживает в нем незатухающие колебания, пополняя энергию в такт происходящим колебаниям. Для этого на сетку лампы подается переменное напряжение, которое отпирает и запирает лампу в определенные моменты времени синхронно с возникающими в контуре колебаниями. При работе лампы в диапазоне более низких радиочастот движущиеся от катода к аноду электроны, пролетая междуэлектродное пространство за ничтожную долю периода колебаний, достигают анода в требуемые моменты времени. При таких частотах лампа может считаться безынерционным прибором.

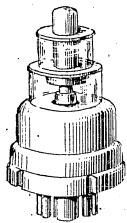


Рис. 116. Лампа «маячкового» типа, применяемая в диапазоне сантиметровых волн

При работе в диапазоне сверхвысоких частот длительность периода колебаний оказывается настолько малой, что она становится сравнимой с временем пролета электронами междуэлектродного пространства. В результате электроны достигают анода с опозданием (со сдвигом по фазе), что снижает коэффициент полезного действия лампы. Поэтому каждая лампа имеет определенную предельную рабочую частоту, при превышении которой лампу вообще нельзя применять. Для сдвига предельной частоты в область более высоких частот были разработаны специальные конструкции высокочастотных триодов — лампы маячкового типа (рис. 116), у которых расстояние между катодом, сеткой и анодом было сделано очень небольшим. Однако при этом увеличилась возможность пробоя между электродами, в связи с чем эти лампы используются для генерирования колебаний небольшой мощности только в приемных устройствах или небольших маломощных передатчиках диапазона сантиметровых волн.

Второй фактор, влияющий на качество работы триодов в диапазоне сверхвысоких частот, — это междуэлектродные емкости и индуктивности вводимых контактов ламп. Междуэлектродные емкости шунтируют рабочие цепи лампы, а индуктивности вводов создают большие сопротивления. Кроме того, эти емкости и индуктивности создают паразитные связи между элементами схемы, нарушающие нормальный режим работы колебательного контура.

В связи с указанными выше отрицательными свойствами триодных генераторов на сверхвысоких частотах в передат-

чиках радиолокационных станций, сантиметрового и примыкающей к нему части дециметрового диапазонов волн применяются лампы особой конструкции — магнетроны (рис. 117), сочетающие в себе электронную лампу в обычном понятии этого слова и колебательный контур. Создание магнетронов, честь изобретения которых принадлежит советским ученым, позволило перейти к применению в радиолокации сантиметровых и даже миллиметровых радиоволн и повысить тактические характеристики радиолокационных станций.

В магнетронах траектория движения электронов определяется постоянным и переменным электрическими полями и постоянным магнитным полем. Поэтому в магнетронных передатчиках устанавливаются мощные магниты, создающие магнитное поле требуемой величины.

Кроме магнетронов, в диапазоне сантиметровых и дециметровых волн могут применяться клистроны (рис. 118), в которых сравнительно большое время пролета электронами междуэлектродного пространства (измеряемое иногда несколькими периодами колебаний) используется как полезное явление.

Фидерная система. Создаваемые в генераторе передатчика высокочастотные импульсы по фидеру подводятся к антенне и излучаются в пространство. Фидером в радиолокационных станциях метрового (и отчасти дециметрового) диапазона волн обычно служит гибкий коаксиальный кабель, а иногда открытые или закрытые двухпроводные линии; в станциях сантиметрового диапазона в большинстве случаев используются волноводы и иногда жесткие коаксиальные линии (рис. 119).

Открытые двухпроводные линии состоят из двух параллельных проводников, расположенных для уменьшения потерь на излучение на небольшом расстоянии один от другого и закрепленных изолирующими распорками, фиксирующими взаимное расположение проводов.

В закрытой двухпроводной линии проводники окружены

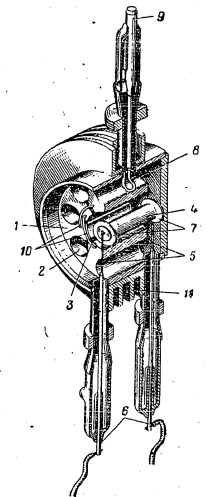


Рис. 117. Магнетрон в разрезе:
1 — анод; 2 — резонатор; 3 — щели; 4 — катод; 5 — держатель катода; 6 — наружная часть вывода энергии; 7 — дисковые экраны; 8 — виток связи для вывода энергии; 9 — стержень для вывода энергии в линию; 10 — связи, соединяющие сегменты; 11 — ребра для охлаждения анода

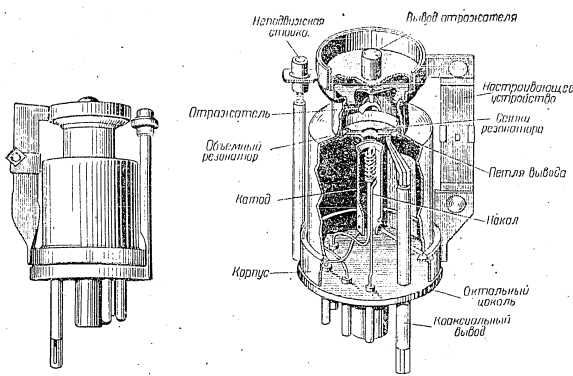


Рис. 118. Общий вид кlyстрона

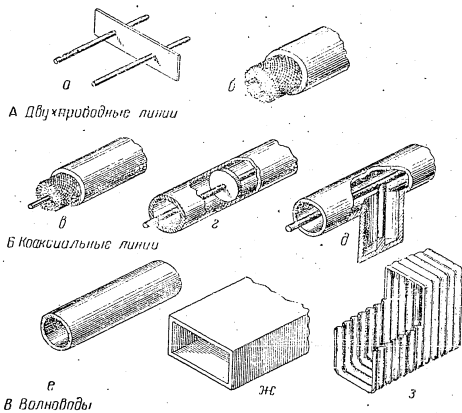


Рис. 119. Линии передач высокочастотной энергии:

А — двухпроводные линии, открытые (а) и экранированные (б); Б — коаксиальные линии, гибкие (в), твердые с диэлектрическими изоляторами (г) и металлическими изоляторами (д); В — волноводы круглого (е) и прямоугольного (ж) сечения; гибкая секция волновода (з)

экранирующей металлической оболочкой, что предотвращает излучение линии и прием ею внешних радиосигналов, создающих помехи, особенно когда линия работает на прием.

Коаксиальная линия имеет только один внутренний проводник, а вторым проводником в ней служит внешняя металлическая оболочка. В гибком коаксиальном кабеле пространство между внешним и внутренним проводниками заполнено диэлектриком, допускающим изгиб фидера, например полиэтиленом или бусинками из твердого диэлектрика (высокочастотного фарфора и т. п.). Внешний проводник в таком кабеле представляет собой металлическую оплетку, защищенную сверху изоляционным слоем.

Твердая коаксиальная линия имеет жесткие внутренний и внешний проводники, причем последний выполняется в виде металлической трубки и закрепляется с помощью диэлектрических шайб либо специальными четвертьволновыми металлическими изоляторами.

Волноводы, наиболее часто применяемые в радиолокационных станциях сантиметрового и миллиметрового диапазонов, представляют собой полые металлические трубы круглого или прямоугольного сечения, внутри которых происходит передача радиоволн. Чтобы при неподвижном положении приемно-передающей аппаратуры станции антенна могла поворачиваться на определенный угол, используются отрезки гибких волноводов, а чаще всего — специальные вращающиеся сочленения фидеров. Если приемно-передающая аппаратура смонтирована на одном основании с антенной и вместе с ней поворачивается, вращающиеся сочленения отсутствуют.

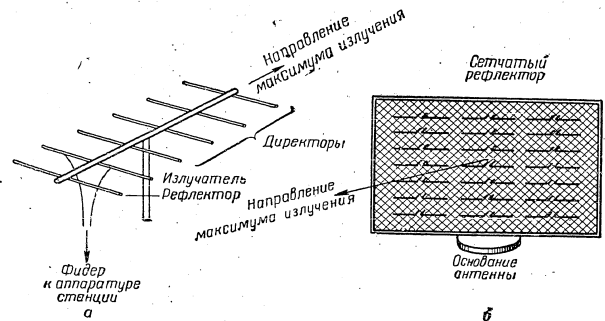


Рис. 120. Направленные антенны метровых и дециметровых волн:

а — типа «волновой канал»; б — с плоскпараллельным расположением вибраторов

Антенны. Для излучения зондирующих импульсов и приема отраженных радиосигналов в радиолокационных станциях применяются антенны различных типов и конструкций, обеспечивающие, как правило, направленное излучение и прием.

В диапазоне метровых волн в основном применяются антенны типа «волновой канал» или антенны с плоскопараллельным расположением излучателей (рис. 120), в диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн — параболические, рупорные, щелевые и линзовые антенны (рис. 121). Каждая из этих антенн имеет свои преимущества и недостатки, и выбор той или иной антенны определяется тактическим назначением станции и предъявляемыми к ней требованиями.

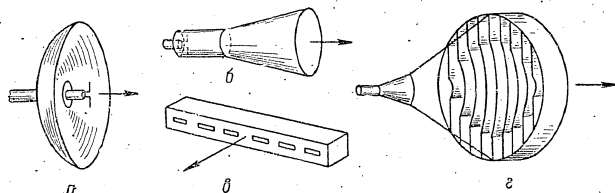


Рис. 121. Антенны сантиметровых и миллиметровых волн: а — с отражателем в форме параболоида вращения; б — рупорная; в — щелевая; г — линзовая (стрелками показано направление максимума излучения)

Антенный переключатель. Импульсный метод работы радиолокационной станции позволяет применять для приема отраженных сигналов ту же антенну, что и для излучения зондирующих импульсов, так как по окончании каждого из них наступает длительная пауза в работе генератора станции и слабые отраженные сигналы не подавляются мощными импульсами своего передатчика.

Однако постоянное подключение передатчика и приемника станции к одной антенне привело бы к порче высокочувствительных входных цепей приемного тракта станции мощным зондирующим импульсом. Для предотвращения этого приемник присоединяется к антенне станции не непосредственно, а через специальный электронный переключатель «прием — передача». Этот переключатель автоматически отключает приемник от антенны в момент посылки передатчиком зондирующего импульса и вновь подключает его после окончания импульса. Большая частота повторения циклов работы переключателя (до нескольких тысяч в секунду), определяемая частотой повторения зондирующих импульсов, в сочета-

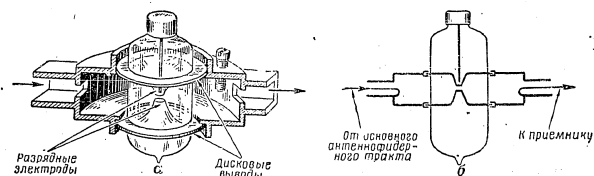


Рис. 122. Общий вид разрядника (а) и схема его включения в фидерную линию (б)

нии с необходимостью отключать и подключать приемник за единицы и десятые доли микросекунды требует применения автоматических быстродействующих электронных переключателей.

Основной элемент такого электронного реле — газонаполненная лампа — разрядник (рис. 122). В ней под действием подводимых к ее электродам мощных импульсов происходит разряд, изменяющий входное сопротивление лампы и отключающий тем самым приемник от антенны на время работы передатчика. По окончании работы передатчика разряд прекращается и приемник оказывается вновь подключенным к антенне. Слабые отраженные сигналы не вызывают разряда в разряднике и проходят к приемнику.

Таким образом, отраженные сигналы принимаются антенной, проходят через переключатель «прием — передача» и поступают на вход приемника (рис. 123). Чтобы они не поступали одновременно и в передатчик станции (что привело бы к их ослаблению и уменьшению дальности действия станции), в некоторых типах станций к фидеру на участке между генератором и ответвлением фидера к приемнику присоединяют электронный переключатель «передача — прием». По принципу работы он аналогичен переключателю «прием — передача», но включен в схему так, что в моменты генерирования импульсов происходящий в разряднике разряд замыкает цепь

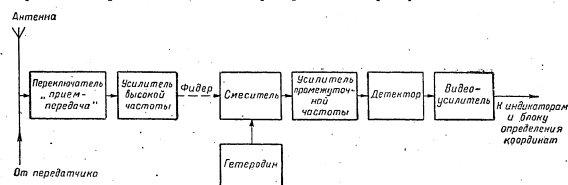


Рис. 123. Блок-схема приемника

передатчик — антенна и импульс высокой частоты проходит к антенне. Когда разряда в разряднике переключателя нет (т. е. в промежутки между зондирующими импульсами), генератор отключается от антенны и принимаемые отраженные сигналы поступают только в ответвление фидера, ведущее к приемнику.

Переключатели «передача — прием» и «прием — передача», а также их комбинацию часто называют антенными переключателями.

Приемник. Для повышения чувствительности приемника и, следовательно, увеличения максимальной дальности действия станции стараются максимально сократить отрезок фидера между антенной и приемником и тем самым уменьшить степень ослабления отраженного сигнала в фидерном тракте станции.

Так как в ряде случаев весь приемник устанавливается в непосредственной близости от антенны как с конструктивной, так и с эксплуатационной точки зрения бывает целесообразно, то около антенны размещают первые каскады приемника, в которых происходит предварительное усиление принимаемого сигнала, после чего сигнал по фидеру передается к главным каскадам приемника.

В станциях метрового диапазона, где усилить принимаемый сигнал относительно просто, первыми вынесенными каскадами приемника бывают усилители высокой частоты, а гетеродин и смеситель, служащие для преобразования частоты принимаемого сигнала, располагаются вместе с остальными главными каскадами приемника. Частота сигнала преобразуется с целью получения сигнала более низкой (промежуточной) частоты, усилить который до нужной величины можно при меньшем количестве и менее сложных схемах каскадов приемника.

В станциях сантиметрового диапазона волн, где для усиления по высокой частоте требуются довольно сложные устройства, каскады усиления по высокой частоте могут отсутствовать. В этом случае размещаемые в непосредственной близости от антенны каскады приемника содержат гетеродин, смеситель и несколько каскадов усилителя промежуточной частоты. Однако в станциях, предназначенных для обнаружения целей на больших дальностях или для работы по небольшим целям и принимающих в связи с этим очень слабые отраженные сигналы, в схемы приемников стремятся вводить усилители высокой частоты. Заметим, что повышение чувствительности приемников радиолокационных станций играет очень большую роль, так как позволяет уменьшить мощность передатчика станции и снизить тем самым мощность первичных источников питания, вес и габариты всей станции.

После усилителя промежуточной частоты отраженные сигналы поступают во второй детектор и усилитель видеочастоты, где соответственно происходит их детектирование и усиление.

Схемы приемников многих радиолокационных станций часто имеют, кроме указанных выше элементов, еще ряд дополнительных устройств. К таким устройствам относятся: схемы автоматической подстройки частоты гетеродина, служащие для его настройки при изменении частоты передатчика; каскады стробирования, усиливающие и передающие к блокам определения координат только сигналы от выбранной цели; схемы автоматической мгновенной и временной (осуществляемой по определенному закону) регулировки усиления приемника, а также ряд других схем.

Индикаторы. С выхода приемника сигналы от целей поступают в блоки индикаторов и определения координат целей. Электрическая схема и конструкция индикаторного блока определяются в первую очередь тактическим назначением станции и могут быть поэтому различными. Однако основное назначение этого блока одинаково для большинства типов станций: блок должен воспроизводить боевую обстановку в зоне действия станции (или в выбранной по желанию оператора части этой зоны), определять координаты нужных объектов и их взаимное расположение. Так, например, в радиолокационных станциях обнаружения бомбардировщиков противника и наведения на них истребительной авиации с помощью этого блока воспроизводится воздушная обстановка и определяются координаты самолетов. В самолетных радиолокационных бомбоприцелах на экранах индикаторов создается «карта» местности, над которой пролетает самолет, а специальные схемы определяют дальность и направление наземных целей или ориентиров. Корабельные станции управления огнем главного калибра позволяют наблюдать боевую обстановку на море, определять координаты вражеских кораблей и управлять огнем по ним.

В качестве прибора, на котором наблюдаются отметки целей, «карта» местности, боевая обстановка на море и т. п., в радиолокационных станциях используется электронно-лучевая трубка (рис. 124).

Колба трубки представляет собой стеклянный баллон, расширяющийся спереди и заканчивающийся слегка выпуклым экраном. В начале горловины трубки, у ее цоколя, размещен катод 1, излучающий при нагревании электроны. Эти электроны под действием положительного напряжения, приложенного к аноду 2 трубки, устремляются к экрану 3. Проходя через фокусирующую систему 4, поток электронов концентрируется в узкий луч, достигающий экрана трубки. Внутренняя поверхность экрана покрыта флуоресцирующим составом, ко-

торый при попадании на него электронов начинает светиться. Таким образом, в том месте экрана, куда попадает электронный луч, образуется светящаяся точка.

Электронный луч в колбе трубки, а следовательно, и светящаяся точка на экране трубки перемещаются с помощью горизонтально и вертикально отклоняющих систем.

В трубках с электростатическим отклонением в качестве таких систем применяются две пары металлических пластин *б* и *в*, на которые подается напряжение. Так, например, если к левой (со стороны экрана) пластине первой пары *б* приложено положительное напряжение, а к правой — отрицатель-

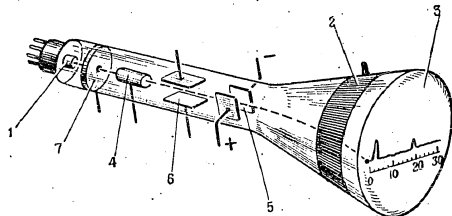


Рис. 124. Электронно-лучевая трубка:

1 — катод; 2 — анод; 3 — экран; 4 — фокусирующая система; 5 — горизонтально отклоняющие пластины; 6 — вертикально отклоняющие пластины; 7 — управляющий электрод

ное, то луч электронов в колбе трубки и светящаяся точка на ее экране отклоняются влево от центра трубки. Степень отклонения определяется величиной приложенного напряжения. Изменение знака приложенного напряжения изменит и направление отклонения луча.

Аналогичным образом вторая пара пластин *в* отклоняет электронный луч в вертикальном направлении. Поэтому пластины первой пары называют горизонтально отклоняющими, а второй — вертикально отклоняющими.

Горизонтальное перемещение светящейся точки используется для создания шкалы дальности, а вертикальное — для регистрации момента прихода отраженного сигнала.

Шкала дальности на экране электронно-лучевой трубки создается следующим образом (рис. 125). Под действием синхронизирующего импульса, поступающего в индикаторный блок в момент излучения зондирующего импульса, включается схема, вырабатывающая пилообразное напряжение¹. Это на-

¹ Напряжение, амплитуда которого возрастает по линейному закону до определенной величины, затем быстро падает до нуля и через некоторое время вновь начинает возрастать.

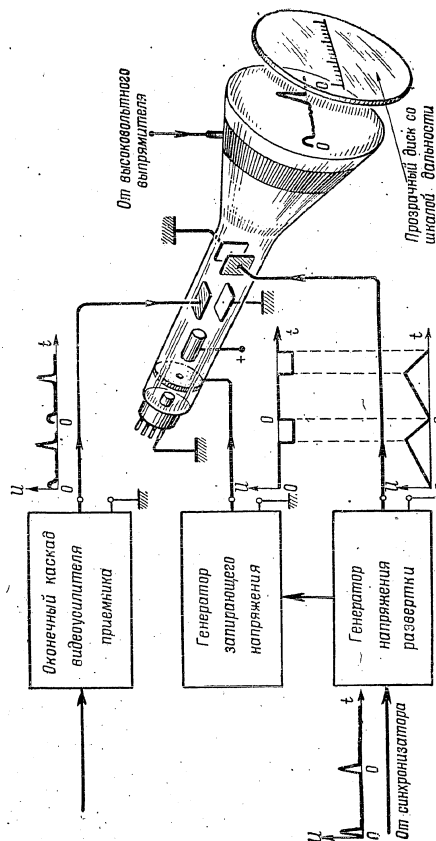


Рис. 125. Упрощенная схема индикатора дальности

пряжение подводится к горизонтально отклоняющим пластинам трубки и управляет перемещением светящейся точки в горизонтальном направлении. Скорость нарастания напряжения и его максимальную амплитуду выбирают так, чтобы свой путь по экрану трубки светящаяся точка заканчивала несколько позже прихода сигнала, отраженного от цели, находящейся на расстоянии, равном максимальной дальности действия станции. Затем прикладываемое к горизонтально отклоняющим пластинам напряжение падает до нуля и электронный луч возвращается в исходное положение. Чтобы обратное движение луча не приводило к образованию второй светящейся линии, яркость изображения на экране индикатора в эти периоды времени резко уменьшают, для чего на специальный управляющий электрод трубки (рис. 124) подают отрицательное напряжение, которое препятствует прохождению электронов к экрану трубки.

Таким образом, на экране индикатора при каждом излучении станцией импульса образуется горизонтальная светящаяся линия, создаваемая перемещением светящейся точки слева направо. Эта линия называется линией развертки. Так как начало линии развертки соответствует моменту излучения импульса передатчиком станции, то по положению светящейся точки в момент приема отраженного сигнала можно определить, сколько времени прошло с момента излучения зондирующего импульса до момента возвращения отраженного сигнала, т. е. косвенно узнать дальность цели.

Однако из-за большой скорости движения светящейся точки по экрану трубки (весь экран точка пробегает за тысячные доли секунды) человеческий глаз не в состоянии заметить, где находится светящаяся точка в момент приема отраженного сигнала, если не принять специальных мер для фиксации ее положения. Поэтому для регистрации положения светящейся точки в момент прихода отраженного сигнала используют вертикально отклоняющие пластины, соединенные с выходом приемника. При подаче на них импульса напряжения (который получается на выходе приемника при поступлении на его вход отраженного сигнала) электронный луч отклонится в вертикальной плоскости и соответственно этому изменится направление движения светящейся точки по экрану трубки: вместо движения в горизонтальной плоскости точка переместится в вертикальном направлении, образуя на светящейся линии развертки резкий выброс. По окончании импульса светящаяся точка вновь вернется к линии развертки и продолжит движение в горизонтальном направлении вплоть до того момента, когда на вертикально отклоняющие пластины будет подан следующий импульс напряжения. Таким импульсом будет усиленное и преобразованное приемником напряжение сигнала, отраженного от другой цели.

232

На рис. 126 схематически изображен экран электронно-лучевой трубки с линией развертки и шкалами дальности и времени. В момент t_0 излучается зондирующий импульс и начинается движение пятна слева направо, образующее линию развертки. Хотя вследствие разряда в разряднике переключателя «прием — передача» вход приемника в этот момент закрыт, небольшая часть энергии зондирующего импульса попадает в приемник, что и вызывает отклонение линии развертки вверх. По окончании работы передатчика напряжение на выходе приемника исчезает и линия развертки продолжает прямолинейное горизонтальное движение. В момент приема отраженных сигналов (в нашем случае от целей, удаленных на 150 и 210 км) линия развертки вновь отклоняется вверх, образуя импульсы от цели.

Применение в качестве индикаторов практически безынерционных приборов, какими являются электронно-лучевые трубки, позволяет измерять расстояние до отражающих объектов с высокой точностью.

Электронно-лучевую трубку с описанной выше системой развертки можно использовать в некоторых типах радиолокационных станций и для определения направления на цель. В частности, в тех станциях, где угловые координаты цели определяются по максимуму отраженного сигнала, положение антенны, соответствующее этому максимуму, можно найти по максимальной амплитуде импульса цели на экране трубки.

Индикатор кругового обзора. Описанный выше метод регистрации отраженного сигнала изменением направления движения светящейся точки (так называемый метод амплитудной отметки отраженных сигналов) — не единственный. В радиолокации широкое распространение получил метод яркостной отметки отраженных сигналов, при котором в момент прихода отраженного сигнала изменяется яркость свечения линии развертки в соответствующей точке экрана трубки. Поэтому в индикаторах с яркостной фиксацией отраженных сигналов яркость развертки при отсутствии сигнала устанавливают минимальной, а сигнал с выхода приемника подают не на вертикально отклоняющие пластины, а на управляющий электрод трубки. В момент поступления сигнала яркость све-

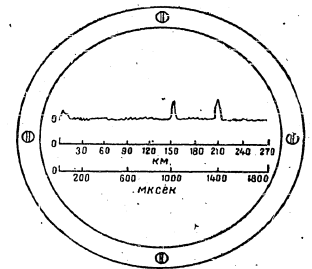


Рис. 126. Вид экрана электронно-лучевой трубки через прозрачный диск с нанесенными на него шкалами дальности и времени

233

чения развертки возрастает и на экране трубки в определенных участках, соответствующих расстоянию до отражающего объекта, появляются яркие черточки (отметки целей). Яркость черточки зависит при этом от интенсивности принятого отраженного сигнала.

Такой метод регистрации отраженных сигналов применяется, в частности, в так называемых индикаторах кругового обзора. В некоторых типах таких индикаторов линия развертки (начало которой выбирают в центре экрана) создается с помощью внешней отклоняющей магнитной системы, вращение которой согласовано с вращением антенны станции по азимуту (рис. 127). Горизонтально и вертикально отклоняющие пластины в трубках такого типа не монтируют.

Поскольку вращение антенны и магнитной отклоняющей системы синхронизировано, направление линии развертки на экране трубки будет указывать положение антенной системы в горизонтальной плоскости (азимут антенны) и, следовательно, направление, откуда принимаются в данный момент времени отраженные сигналы. Удаление светящейся точки от центра экрана трубки указывает расстояние до цели.

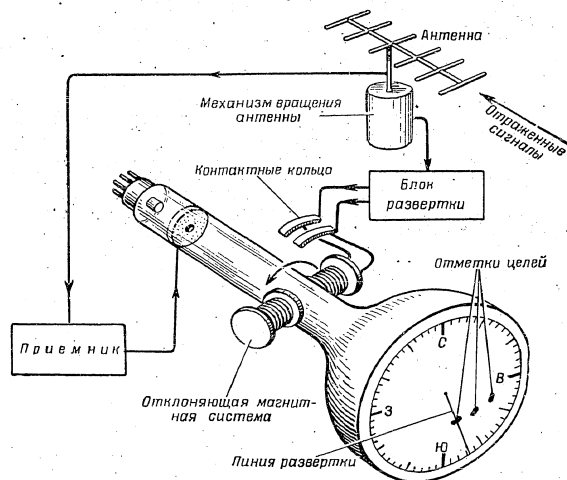


Рис. 127. Схема индикатора кругового обзора

Таким образом, индикаторы кругового обзора позволяют одновременно определять две координаты отражающего объекта — азимут и дальность.

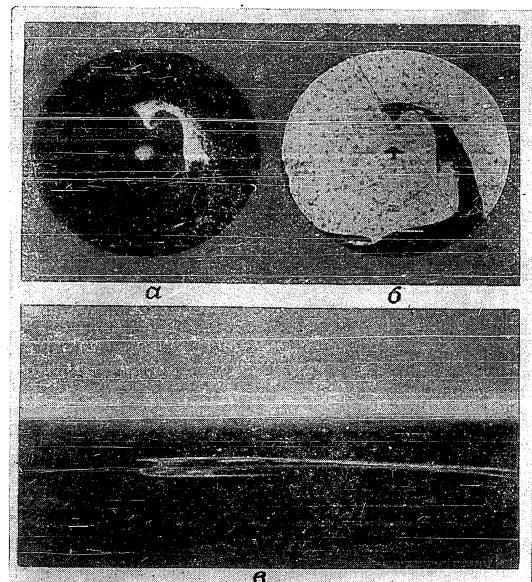


Рис. 128. Изображение местности на индикаторе кругового обзора самолетной радиолокационной станции:
а — изображение на экране индикатора; б — карта местности; в — фото снимок с самолета той же местности

Экран индикатора кругового обзора покрывается специальным флуоресцирующим составом, обладающим свойством длительного послесвечения, т. е. способностью сохранять светящиеся отметки целей в течение некоторого времени после окончания действия электронного луча. Это позволяет воспроизводить на экранах индикаторов радиолокационную карту местности, облучаемой станцией (рис. 128), а также по-

лучать изображение всей воздушной или морской обстановки в зоне действия станции.

Блок определения координат. В большинстве радиолокационных станций, кроме грубого определения координат всех целей в пределах дальности действия станции, осуществляется точное определение координат одной или нескольких выбранных целей.

Для ознакомления с принципом выбора сигнала от нужной цели и работой блока точного определения координат вернемся к блок-схеме станции, изображенной на рис. 115. Как следует из этой схемы, выходные цепи приемника соединены не только с индикаторным блоком, но и с блоком определения координат цели. Как известно, индикаторный блок используется для наблюдения общей обстановки в зоне действия станции и грубого определения координат целей. Точное измерение координат выбранной цели и группы целей осуществляется при помощи блока определения координат, в который поступают сигналы не от всех целей, наблюдаемых на экране общей обстановки индикаторного блока, а только от выбранных целей, находящихся в определенном «рабочем» секторе станции. Для выбора нужной цели оператор, работающий за индикатором общей обстановки, совмещает с сигналом от выбранной цели механический или специальный электронный визир. При этом специальные схемы селекции или «стробирования» автоматически отпирают выходные цепи блока определения координат только в те моменты времени, когда принимаются сигналы, отраженные от выбранной цели. В остальные моменты времени выходные цепи блока отключены от приемника и сигналы от других целей в этот блок не поступают. Это обеспечивает воспроизведение на экранах индикаторов блока определения координат только нужных целей, что облегчает их сопровождение и повышает точность измерения координат, которое выполняет оператор станции либо вручную, либо полуавтоматическим, либо автоматическим способом. В последнем случае оператор, выбрав нужную цель и включив схему автосопровождения по дальности и угловым координатам, только контролирует работу станции, а она сама сопровождает цель и определяет ее текущие координаты с помощью электронных схем автосопровождения, обладающих высокой точностью работы. Прекращение сопровождения одной цели и переход к сопровождению другой осуществляются оператором.

Механизм вращения антенны. При обзоре пространства или сопровождении и определении координат целей перемещение радиолуча станции осуществляется в большинстве случаев вращением антенны в одной или двух плоскостях с помощью электродвигателей. При одном из часто применяемых методов сопровождения целей к обмоткам электродвигателей

из блока определения координат подводятся электрические сигналы, которые обеспечивают вращение двигателей с требуемой скоростью и в нужном направлении, чтобы создаваемый при этом темп вращения антенны обеспечивал непрерывное направление радиолуча на цель.

При работе станции в режиме обзора антенна вращается в определенных пределах по азимуту и углу места, обеспечивая просмотр станцией заданной зоны пространства. При этом антенны вращаются теми же электродвигателями, что и при сопровождении целей.

Источники питания. В качестве источников питания радиолокационных станций могут использоваться автономные агрегаты питания или электрическая сеть. Необходимое для питания генераторных и приемно-усилительных ламп, а также электронно-лучевых трубок высокое напряжение постоянного тока создается высоковольтными и низковольтными выпрямителями, которые дают возможность получить напряжение от нескольких десятков вольт до нескольких десятков киловольт.

Схемы защиты. Как уже говорилось, современные радиолокационные станции представляют собой сложный комплекс различных радиотехнических устройств, многие из которых при неправильной эксплуатации легко могут выйти из строя. Поэтому рабочие пульты станций снабжаются различными контрольно-измерительными приборами и сигнальными устройствами, позволяющими следить за режимом работы аппаратуры. Однако это не всегда гарантирует поддержание рекомендованных режимов работы всех блоков станции, особенно при интенсивной боевой работе, когда внимание операторов станции раздваивается.

Поэтому, чтобы полностью исключить возможность неправильной эксплуатации радиолокационных станций, в них широко применяются автоматические защитные устройства. Такие автоматы поддерживают требуемую последовательность и темп включения станции (даже при ошибках обслуживающего расчета), нужный режим ее работы, выключают ее при перегрузках и перенапряжениях, обеспечивают правильную последовательность выключений по окончании работы. В схемах автоматической защиты широко применяются реле выдержки времени (они включают нужный блок или цель лишь спустя некоторое время после включения другого блока), реле предотвращения перегрузки цепей по току или напряжению, реле-регуляторы, термореле. Как пример применения реле выдержки времени приведем схему, изображенную на рис. 129. Как видно из рисунка, применение реле в этой схеме позволяет подать высокое напряжение на анод лампы только через определенное время после включения источника питания накала лампы, достаточное для разогрева нити накала.

Паряду с устройствами, предотвращающими выход из строя электронных схем, в станциях широко применяются автоматы, исключающие возможность неправильного развертывания и свертывания станций и связанного с этим механического повреждения аппаратуры.

Так, например, в некоторых станциях имеются устройства, которые при свертывании станции не позволяют опустить антенную систему, пока от нее не будут отключены все токонесущие проводники. В других станциях применяются устройства, которые при развертывании станции включают меха-

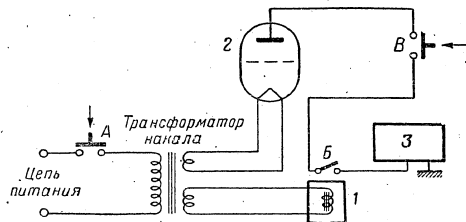


Рис. 129. Применение реле выдержки времени в схеме анодного питания лампы.

Реле 1 замыкает контакт Б лишь спустя некоторое время после замыкания контакта А, которым включается накал лампы 2. Благодаря этому лишь накал лампы разогревается до включения высокого анодного напряжения, так как при разомкнутом контакте Б нажатие на кнопку В не замыкает цепь от высоковольтного выпрямителя 3 к аноду лампы 2.

низм вращения антенны лишь тогда, когда антенна станет точно на место и будет жестко закреплена. Подобные автоматы предотвращают механическое повреждение наиболее ответственных узлов станции в случае неправильного действия расчета.

Конечно, такими автоматами защищена только часть элементов аппаратуры. Поэтому при свертывании, развертывании и боевой работе на радиолокационных станциях надо строго соблюдать установленные инструкциями и наставлениями правила работы.

Высокие напряжения питания, измеряемые десятками тысяч вольт, в сочетании с тесным размещением аппаратуры и наличием больших металлических поверхностей (стенки шкафов, пол кабины и т. п.) могли бы служить причиной несчастных случаев при малейшем нарушении операторами правил техники безопасности. Чтобы обезопасить работу расчетов, в радиолокационных станциях широко применяются автоматические блокирующие устройства, выключающие станцию,

когда оператор случайно или умышленно (для устранения какого-либо повреждения) дотрагивается до высоковольтной цепи. Так, например, в станциях устанавливается блокировка, выключающая аппаратуру, когда открываются дверцы шкафов высоковольтных выпрямителей, модуляторов и генераторов. В ряде станций применяется блокировка, позволяющая включать станцию только тогда, когда ключи от замков, которыми запираются дверцы шкафов с аппаратурой, вынуты из замков и вставлены в контрольную панель.

В дополнение к этим двум видам блокировочной аппаратуры в станциях применяются приборы и устройства сигнализации, указывающие, в каком блоке и цепи станции появилась неисправность. Современные радиолокационные станции могут иметь несколько сот радиоламп, тысячи сопротивлений и конденсаторов, причем выход из строя каждого из этих элементов может привести к частичному или полному выходу станции из строя. Чтобы облегчить и ускорить обнаружение места неисправности и выявление вышедшей из строя лампы или детали, что особенно важно при боевой работе, в станциях применяются сигнальные устройства, указывающие место аварии. Такими устройствами могут быть мигающие электрические лампочки, звонки или другие механические или электрические устройства.

Иногда все сигнальные устройства размещаются на одной панели главного шкафа, что позволяет определить место неисправности непосредственно с главного пульта.

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

К основным тактико-техническим параметрам радиолокационных станций относятся максимальная и минимальная дальности действия, пределы работы по азимуту и углу места, точность определения координат целей, разрешающая способность, время обзора и частота получения данных о целях, находящихся в зоне действия станций, а также их эксплуатационные параметры (вес, габариты, маневренность, время приведения в боевую готовность и надежность работы в различных условиях).

Рассмотрим кратко каждый из этих параметров. **Максимальная дальность действия станции.** В зависимости от типа и назначения станции принято различать максимальные дальности обнаружения и сопровождения целей. Под максимальной дальностью обнаружения понимают предельное расстояние, на котором станция уверенно обнаруживает цели. Максимальная дальность сопровождения характеризует дальность, с которой происходит точное определение координат цели.

Дальность действия радиолокационной станции зависит от ее технических параметров и отражающих свойств цели. Поэтому, например, дальность действия станции по тяжелому бомбардировщику больше, чем по небольшому истребителю, а по большому кораблю больше, чем по небольшому торпедному катеру или подводной лодке.

Минимальная дальность действия. Использование в радиолокационных станциях одной антенны для передачи зондирующих импульсов и приема отраженных сигналов требует отключения приемника на время излучения зондирующего импульса. Поэтому сигналы, отраженные от близких целей и приходящие к станции в момент времени, когда ее приемник еще не подключен к антенне, не будут приняты и зарегистрированы. Продолжительность времени, в течение которого приемник не может принимать отраженные сигналы, определяется длительностью зондирующего импульса и временем, необходимым для восстановления разрядника переключателя «прием — передача» после действия на него импульса передатчика. Зная это время, легко определить минимальную дальность действия станции.

Так, например, если длительность зондирующего импульса τ равна миллионной доле секунды — микросекунде (*мксек*), а время восстановления разрядника t_1 составляет 3 *мксек*, то по формуле $D = \frac{ct}{2}$ находим, что минимальная дальность действия станции D_{\min} равна

$$D_{\min} = \frac{c(\tau + t_1)}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot (1 + 3) \cdot 10^{-6}}{2} = 600 \text{ м.}$$

Отсюда понятно стремление применять разрядники с малым временем восстановления.

Для станций разного тактического назначения требования к величине минимальной дальности действия различны. Например, в станциях дальнего обнаружения воздушных целей, обнаруживающих самолеты на расстояниях в несколько сот километров и «передающих» эти цели радиолокационным станциям управления активными средствами ПВО, когда расстояние до самолетов измеряется еще сотнями или во всяком случае десятками километров, минимальная дальность действия может составлять несколько километров. В станциях же управления огнем малокалиберной зенитной артиллерии, стреляющей всего на несколько километров, минимальная дальность действия должна быть сведена до возможного минимума.

Пределы работы по углу места определяют верхнюю и нижнюю границы зоны действия станции в вертикальной плоскости. Для станций орудийной наводки, антенны которых имеют узкую диаграмму направленности, пределы работы по

углу места определяются в основном механическими пределами вращения антенны. В станциях обнаружения и наведения, антенны которых часто не вращаются по углу места, для создания необходимой зоны обзора в вертикальной плоскости, а значит, и необходимых пределов обнаружения цели по высоте применяется широкая в вертикальной плоскости диаграмма направленности. При этом для сохранения четкости изображения на экране индикатора кругового обзора горизонтальный разворот диаграммы направленности стремятся сохранить достаточно узким. Пространственная диаграмма направленности станции такого вида изображена на рис. 130.

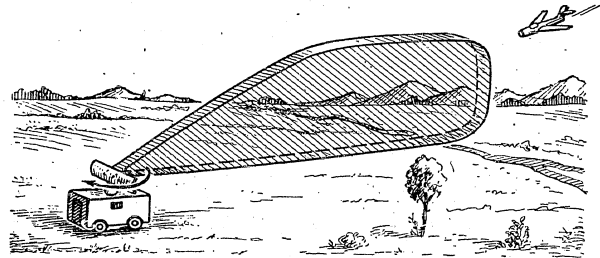


Рис. 130. Диаграмма направленности специальной формы — широкая в вертикальной и узкая в горизонтальной плоскости

Дальность действия этих станций и пределы их работы по углу места принято характеризовать диаграммами обнаружения (рис. 131). Такие диаграммы, построенные с учетом мощности передатчика, чувствительности приемника и свойств антенны, характеризуют дальность обнаружения самолетов различных типов в зависимости от высот их полетов.

Пределы работы по азимуту. В зависимости от тактического назначения радиолокационные станции могут обеспечивать круговой обзор пространства или просматривать только некоторый определенный сектор в горизонтальной плоскости. Станции обнаружения самолетов противника и наведения истребительной авиации, станции целеуказания и орудийной наводки зенитной артиллерии обеспечивают, как правило, круговой обзор и имеют в связи с этим неограниченные пределы работы по азимуту. Радиолокационные станции истребительной авиации, береговой артиллерии, корабельной артиллерии главного калибра и ряд других типов станций имеют ограниченный сектор работы в горизонтальной плоскости.

Пределы их работы по азимуту выбираются с учетом пределов работы обслуживаемых ими боевых агрегатов и орудий. Количество определяемых станцией координат цели и точность измерения каждой из них зависят в первую очередь от типа и назначения станции. Повышение точности определения координат объекта ведет, как правило, к усложнению схемы станции, увеличению ее веса и габаритов. Поэтому при

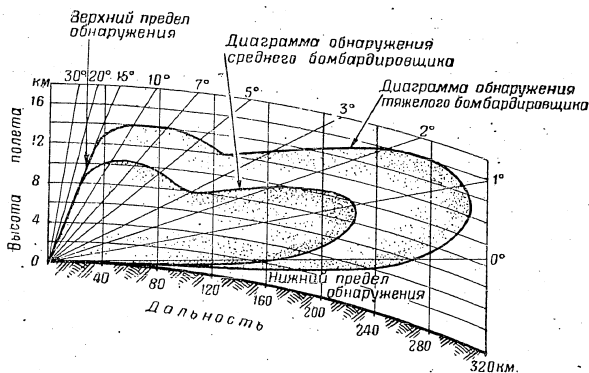


Рис. 131. Примерный вид одной из возможных диаграмм обнаружения воздушных целей наземной станцией. Контуры такой диаграммы определяются как параметрами каждой конкретной станции, так и отражающей способностью реальной цели

конструировании станции стремятся к тому, чтобы точность ее работы не превышала точности, требуемой для станции данного тактического назначения. Так, например, станции целеуказания определяют координаты целей с меньшей точностью, чем станции орудийной наводки, обеспечивая вместе с тем надежное целеуказание и распределение целей между станциями орудийной наводки.

Точность работы радиолокационных станций принято характеризовать значениями ошибок определения координат целей. Ошибки можно разделить на три группы. К первой группе относятся ошибки систематические, т. е. повторяющиеся от одного измерения к другому (например, ошибки, связанные с неправильным горизонтированием или ориентированием станции). Вторую группу составляют ошибки случайные, значения которых при каждом измерении могут меняться (например, ошибки оператора станции в отсчете по

шкале значения координаты и др.). К третьей группе относятся грубые ошибки, вызванные неправильным вычислением, просчетом, небрежностью при снятии показаний шкал или неправильным применением измерительного прибора. Результаты измерений, содержащие грубые ошибки, обычно хорошо заметны, так как они совершенно не похожи на другие результаты. При оценке точности работы радиолокационной станции, как и любого другого измерительного прибора, такие ошибки нужно не учитывать и исключать из полученных результатов измерений. Поэтому в последующем мы будем считать, что наблюдения, содержащие грубые ошибки, уже исключены.

К систематическим ошибкам относят ошибки, величина и знак которых сохраняют свое значение от измерения к измерению. Как пример можно назвать ошибки, вызванные смешением нулевого деления шкалы дальности влево или вправо относительно начала линии развертки. В этом случае при всех отсчетах дальности цели получается систематическая ошибка, равная смещению шкалы. Систематические ошибки определения азимута цели будут возникать также при ошибке в согласовании нулевой отметки шкалы азимута с положением линии развертки, соответствующим направлению антенны на север.

Систематическую ошибку в измерении радиолокационной станцией той или иной координаты цели (например, дальности) можно определить следующим образом. Многократно измерив дальность какого-либо местного предмета, расстояние $D_{ист}$ которого от радиолокационной станции известно с достаточной степенью точности, определяют среднеарифметическое значение измеренной дальности $D_{ср.ар}$ по формуле

$$D_{ср.ар} = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{n},$$

где D_1, D_2, \dots, D_n — измеренные при каждом отсчете значения дальности, а n — число измерений.

При большом числе измерений среднеарифметическое значение дальности будет отличаться от истинной дальности $D_{ист}$ на величину систематической ошибки $\delta_{сист}$

$$\delta_{сист} = D_{ср.ар} - D_{ист}.$$

В отличие от систематических ошибок случайная ошибка может меняться по величине и знаку при каждом измерении. Следует заметить, что ошибки в определении координат целей часто обусловлены взаимно не зависящими причинами, такими, как степень подготовленности операторов, характер полета самолета или движения корабля, нестабильность на-

раметров различных схем станции, изменение условий распространения радиоволн и др. В этих случаях распределение случайных ошибок подчиняется так называемому нормальному закону распределения и точность работы радиолокационных станций можно характеризовать величиной срединной (вероятной) или среднеквадратичной ошибки.

Среднеквадратичную ошибку можно определить по формуле

$$\delta_{кв} = \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}{(n-1)}}$$

где n — число измерений, а $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ — случайные ошибки отдельных измерений (следует помнить, что в ошибку каждого измерения входит и систематическая ошибка, которую при определении случайной ошибки измерения необходимо исключить).

Срединная ошибка — это величина, в пределах которой при большом числе измерений лежат случайные ошибки, получающиеся в 50% случаев; в это значение входят как отрицательные, так и положительные ошибки. Другая половина всех случайных ошибок имеет значение, превышающее срединную ошибку. Таким образом, появление при каждом измерении ошибки, большей или меньшей срединной, равновероятно (в связи с чем срединную ошибку иногда называют вероятной ошибкой).

Иногда при определении точности работы станции пользуются понятием максимальной ошибки. Чаще всего под максимальной ошибкой понимают такую, в пределах которой при большом числе измерений лежит 99,3% всех случайных ошибок положительного и отрицательного знака, т. е. практически все ошибки (за исключением грубых ошибок, которые мы условились не учитывать при оценке точности работы радиолокационных станций).

Между среднеквадратичной, срединной и максимальной ошибками существуют определенные математические соотношения:

$$\delta_{ср} = \frac{2}{3} \delta_{кв};$$

$$\delta_{макс} = 4\delta_{ср} = \frac{8}{3} \delta;$$

$$\delta_{кв} = \frac{3}{2} \delta_{ср} = \frac{3}{8} \delta_{макс}.$$

Из этих соотношений следует, что максимальная ошибка в 4 раза больше срединной. Если срединная ошибка определения дальности цели равна 20 м, то максимальная ошибка

будет 80 м. Однако при сравнении величин этих ошибок и использовании их на практике следует помнить, что в 50% всех измерений случайная ошибка не будет превышать срединной (т. е. 20 м в рассматриваемом примере). Этим и объясняется то, что в подавляющем большинстве случаев при оценке точности пользуются не максимальной, а срединной ошибкой.

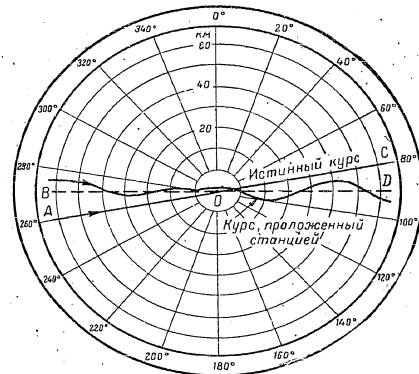


Рис. 132. Влияние систематической и случайных ошибок на точность измерения азимута цели

Полная ошибка измерения той или иной координаты цели определяется систематической и случайными ошибками.

На рис. 132 графически показано влияние систематической и случайных ошибок на точность измерения азимута цели, двигающейся по определенному направлению. Линия AOC указывает действительный курс цели. Из-за неправильного ориентирования станции появилась систематическая ошибка в измерении азимута цели, и при отсутствии случайных ошибок станция определила бы, что цель будет курсу BOD (разность в азимутах курса AOC и BOD равна величине систематической ошибки, т. е. $+10^\circ$). Однако, поскольку при измерении координат цели получаются еще и случайные ошибки, определяемые станцией, положения цели по азимуту не совпадут с линией BOD , а расположатся вдоль нее на разных расстояниях (кривая линия). Полная ошибка определения азимута цели будет складываться при каждом измерении из систематической и случайной ошибок с учетом

их знака. Таким образом, случайная ошибка будет либо увеличивать общую ошибку станции, либо уменьшать ее.

Разрешающая способность. Под термином «разрешающая способность» понимают способность станции разделять сигналы от целей, находящихся на некотором расстоянии одна от другой. Для станций, определяющих две или три координаты целей, различают разрешающую способность по дальности и по направлению (по азимуту и углу места).

Разрешающая способность по дальности (ΔD) характеризует минимальное расстояние между двумя соседними целями (взятое по направлению на радиолокационную станцию), при котором эти цели, находящиеся в луче станции, разделяются на экране индикатора¹. Чем лучше, или, как часто говорят, выше, разрешающая способность станции, тем больше подробностей содержит изображение на экране индикатора и тем меньше расстояние между двумя соседними целями, при котором эти цели будут еще наблюдаться на индикаторе раздельно.

Как видно из рис. 133, разрешающая способность станции по дальности зависит от длительности импульса передатчика и от масштаба развертки индикатора. При увеличении длительности импульса разрешающая способность ухудшается, так как раздельное наблюдение двух соседних сигналов становится возможным при большем расстоянии между ними. И, наоборот, сужение импульса приводит к повышению разрешающей способности станции, так как сигналы будут видны

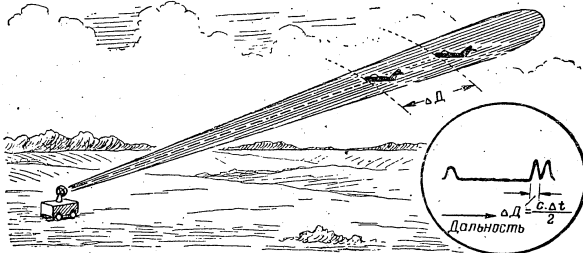


Рис. 133. Зависимость разрешающей способности по дальности ΔD от длительности импульса

¹ В станциях точного определения координат цели различают разрешающую способность при обнаружении цели и при ее сопровождении. Первая характеризует возможность раздельного наблюдения двух соседних целей, а вторая — возможность определения координат одной из двух рядом находящихся целей без снижения точности работы станции.

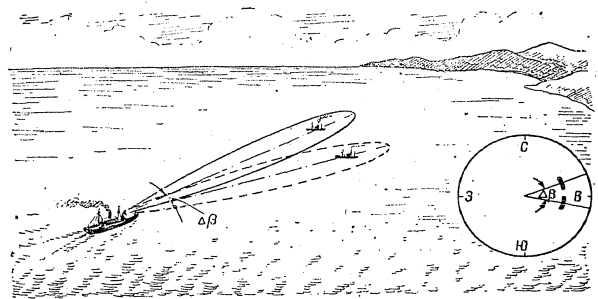


Рис. 134. Зависимость разрешающей способности по азимуту $\Delta\beta$ от ширины диаграммы направленности станции

раздельно даже при меньших расстояниях между отражающими целями.

В значительной степени разрешающая способность зависит и от параметров приемника радиолокационной станции. Так, например, повышение чувствительности приемника (а следовательно, и дальности действия станции) за счет сужения полосы пропускания принимаемых им частот приводит к необходимости соответствующего расширения импульса, что влечет за собой ухудшение разрешающей способности.

Разрешающая способность станции по азимуту (углу места) определяет тот минимальный угол в горизонтальной (вертикальной) плоскости, при котором две соседние цели, находящиеся на одинаковом расстоянии от станции, будут наблюдаться или сопровождаться раздельно.

На рис. 134 схематически показаны сигналы от двух близко расположенных целей на индикаторе кругового обзора. Как видно из рисунка, разрешающая способность станции по азимуту $\Delta\beta$ зависит главным образом от раствора диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости, определяющего ширину отметок целей на экране индикатора. Чем шире диаграмма, тем хуже разрешающая способность, так как слияние сигналов от двух соседних целей и образование на экране индикатора одной отметки вместо двух будут происходить при больших угловых расстояниях между целями. В известной степени разрешающая способность зависит также от параметров приемника и индикатора.

Аналогичным образом разрешающая способность станции по углу места зависит от раствора диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости. В связи с этим

разрешающая способность станции по угловым координатам, а следовательно, и качество изображения на двухкоординатных индикаторах тем выше, чем уже диаграмма направленности станции.

Ширина диаграммы направленности зависит от отношения размера антенны к длине волны. Чем больше это отношение, тем уже диаграмма направленности. Поэтому для сужения диаграммы направленности и повышения тем самым разрешающей способности станции по угловым координатам прибегают к увеличению размеров антенны или к переходу на более короткую рабочую волну.

Время обзора и частота получения данных. Как известно, обзор заданной зоны пространства осуществляется радиолокационными станциями в подавляющем большинстве случаев последовательным «просмотром» отдельных участков заданной зоны. Это достигается изменением положения антенны станции, которое приводит к перемещению диаграммы направленности антенны и последовательному обзору всей заданной зоны. Поэтому информация о целях, находящихся в зоне действия станции, выдается ею не непрерывно, а через определенные интервалы времени, зависящие от времени обзора станцией всего заданного участка пространства.

Прерывистый характер получения данных о целях свойствен большинству типов станций, но для станций обнаружения, наведения и целеуказания это относится к основному режиму работы, а для некоторых типов станций орудийной наводки — к вспомогательному режиму (например, режиму поиска целей, предшествующему переходу на сопровождение выбранной цели).

Время обзора пространства (а следовательно, и частота получения данных о целях) — одна из основных тактико-технических характеристик радиолокационных станций. Сокращение этого времени достигается различными методами и, в частности, увеличением скорости вращения антенны или работой в определенном секторе по азимуту или углу места.

В ряде станций для уменьшения периода обзора создаются диаграммы направленности специальной формы, например узкой в горизонтальной плоскости и широкой в вертикальной. Как видно из рис. 135, это позволяет избежать перемещения антенны станции в вертикальной плоскости и увеличить тем самым скорость обзора заданного сектора.

Вес и габариты станций могут быть весьма различными в зависимости от тактического назначения и технических параметров станций. В настоящее время существуют стационарные станции, аппаратура которых весит несколько десятков и даже сотен тонн, и станции весом в несколько десятков килограммов. Как правило, повышение дальности действия станции, точности работы, разрешающей способности приво-

дит при всех других равных условиях к увеличению веса и размеров антенной системы и аппаратуры станции. Стремление создать удобства в работе операторов, улучшить условия обслуживания и ремонта аппаратуры, повысить надежность ее работы влечет за собой увеличение размеров помещений для установки радиолокационных станций. Поэтому к тем радиолокационным станциям, вес и габариты которых играют важную роль с точки зрения их боевого применения, предъявляются минимальные требования в отношении дальности действия, точности и других тактических параметров.

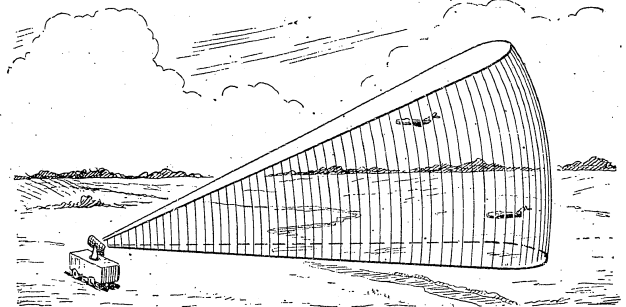


Рис. 135. Диаграмма направленности специальной формы

При конструировании радиолокационной аппаратуры, вес которой должен быть минимальным (например, в радиолокационных взрывателях), прибегают к различным техническим приемам, снижающим габариты и величину потребляемой энергии, в результате чего уменьшается и вес аппаратуры. Не останавливаясь подробно на этом вопросе, укажем, что для этой цели используются печатные схемы, заменяющие проводной монтаж, вместо радиоламп устанавливаются полупроводниковые приборы, тяжелые металлы заменяются легкими сплавами и т. п.

Время приведения в боевую готовность — также одна из основных тактических характеристик радиолокационных станций. Для развернутых на позиции наземных станций, корабельной и самолетной аппаратуры под этим термином обычно понимают время, необходимое для включения станции, ее прогрева и установления нормального режима работы. В зависимости от типа и назначения станции это время может составлять от единиц до десятка минут.

Для подвижных наземных станций вместо термина «время приведения в боевую готовность» часто применяют два термина, характеризующие специфику конструкции и применения этих станций: «время развертывания (свертывания) станции на позиции» и «время включения (выключения) станции». Первый из этих терминов характеризует скорость, с которой расчет станции может развернуть прибывшую на позицию станцию. Так как время развертывания во многом зависит от конструкции станций, то при проектировании всегда учитывается их тактическое назначение. Так, например, для станций оружейной наводки это время должно быть сведено к минимуму, иногда даже за счет ухудшения других характеристик станций; оно должно измеряться минутами, иначе будет задержано приведение в боевую готовность всей батареи. Наоборот, для тяжелых полустационарных станций дальнего обнаружения этот параметр не основной и время развертывания может равняться нескольким десяткам часов. Аналогично предъявляются различные требования и ко времени свертывания.

Под термином «время включения (выключения) станции» обычно понимается время приведения в боевое (рабочее) состояние развернутой станции, т. е. время, необходимое для ее включения, разогрева и установления нормального режима работы.

Надежность работы станций. Надежность работы станций часто характеризуют количеством часов безаварийной, или, как обычно говорят, безотказной, работы аппаратуры либо вероятностью ее безотказной работы в течение требуемого периода времени (за время боевого вылета самолета, выхода корабля, проведения боевой операции, полета реактивного снаряда и т. д.).

При проектировании радиолокационной аппаратуры всегда стремятся повысить надежность ее работы. Однако делают это в разумных пределах с учетом условий боевого применения проектируемых станций, так как излишнее повышение надежности ведет обычно к напрасному удорожанию аппаратуры, увеличению ее габаритов и веса.

В связи с тяжелыми механическими и климатическими условиями, в которых часто работают радиолокационные станции, при их конструировании принимают специальные меры, направленные на ослабление влияния тряски, ударов, влаги и изменения температуры.

МАКСИМАЛЬНАЯ ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Выше уже указывалось, что одна из основных характеристик радиолокационной станции — ее максимальная (предельная) дальность действия. Рассмотрим теперь более по-

дробно, от каких технических параметров аппаратуры зависит эта величина.

С энергетической точки зрения максимальная дальность действия радиолокационной станции определяется в конечном счете ее способностью принять и зарегистрировать отраженный от объекта сигнал. На величину максимальной дальности действия станции влияют:

— мощность передатчика и свойства передающей антенны, определяющие интенсивность электромагнитного поля, облучающего объект;

— отражательные свойства объекта, определяющие, какая часть падающей на него энергии отразится к станции;

— предельная чувствительность приемного устройства станции (определяемая как приемником, так и антенно-фидерным устройством), характеризующая уровень отраженного сигнала, который приемник еще может уловить;

— свойства среды, в которой распространяются радиоволны.

Если принять, что поглощения энергии в атмосфере не происходит и что между станцией и целью существует прямая видимость, зависимость дальности действия станции от указанных факторов может быть выражена следующей математической формулой, называемой часто уравнением дальности радиолокационной станции:

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{изл}} G^2 \lambda^2}{P_{\text{пр. мин}} (4\pi)^3}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{изл}}$ — мощность сигнала, излучаемого радиолокационной станцией (для импульсной радиолокационной станции под $P_{\text{изл}}$ понимается импульсная мощность);

$P_{\text{пр. мин}}$ — мощность минимального отраженного сигнала, который еще может быть принят и обнаружен станцией;

σ — эффективная отражающая площадь цели;

G — коэффициент усиления антенны;

λ — рабочая волна станции.

Рассмотрим более подробно каждый из этих параметров и его влияние на дальность действия станции.

Мощность излучаемого сигнала. Как видно из формулы (6), максимальная дальность действия радиолокационной станции пропорциональна корню четвертой степени из мощности излучаемого сигнала. Следовательно, для сколько-нибудь заметного увеличения дальности надо существенно увеличивать мощность передатчика. Так, например, увеличение мощности в 2 раза повысит дальность действия станции меньше чем на 20%, а для повышения дальности в два раза надо поднять мощность передатчика в 16 раз!

Рассмотрим причину столь незначительного повышения дальности действия станции при увеличении мощности ее передатчика. Воспользуемся для этой цели рис. 136. Как следует из рисунка, электромагнитная энергия излучается станцией в виде узкого луча, поперечное сечение которого с возрастанием дальности увеличивается. Сравнивая два сечения луча, находящихся на расстояниях D и $2D$ от станции, легко заметить, что при увеличении дальности в два раза площадь поперечного сечения увеличивается в четыре раза (площадь S_2 в четыре раза больше площади S_1). Значит, плотность

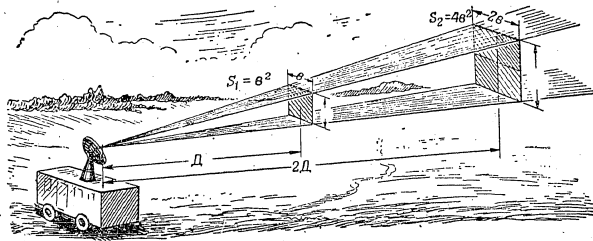


Рис. 136. Уменьшение плотности потока мощности обратно пропорционально квадрату расстояния

потока электромагнитной энергии обратно пропорциональна квадрату расстояния. Таким образом, на цель, находящуюся на расстоянии $2D$, попадает в 4 раза меньше энергии, чем на цель, находящуюся на расстоянии D .

Некоторая часть мощности, попадающей на цель, отражается от нее и, пройдя тот же путь, что и прямая волна, достигнет антенны радиолокационной станции. При этом плотность потока электромагнитной энергии также обратно пропорциональна квадрату расстояния. В итоге, т. е. с учетом двойного пути, плотность потока энергии, или мощность принимаемого сигнала, оказывается обратно пропорциональной четвертой степени дальности. Поэтому для компенсации уменьшения мощности принимаемых сигналов, вызванной увеличением дальности до цели, мощность передатчика должна быть повышена в четвертой степени.

Повышение мощности передатчика влечет за собой увеличение мощности источников питания, их веса и габаритов; возрастает обычно и анодное напряжение генераторных и выпрямительных ламп-передатчика, что требует улучшения изоляции, а следовательно, увеличения размеров и веса радио-

технической аппаратуры. Поэтому при необходимости увеличения дальности действия радиолокационной станции не всегда идут по пути повышения мощности ее передатчика. Нередко для этой цели повышают чувствительность приемника или сужают диаграмму направленности станции.

Чувствительность приемника. Из формулы (6) следует, что компенсация уменьшения мощности принимаемого сигнала и увеличение в связи с этим дальности действия станции могут быть достигнуты повышением чувствительности приемника. Действительно, дальность действия станции определяется в конечном счете величиной сигнала, который приемник еще может принять, усилить и передать на индикаторные устройства. Поэтому, если повысить чувствительность приемника, он сможет принимать более слабые отраженные сигналы, приходящие от удаленных целей. Поскольку этот метод позволяет увеличить дальность действия станции, почти не прибегая к увеличению мощности источников питания, габаритов и веса станции, то он во многих случаях оказывается более желательным, чем повышение мощности передатчика.

Следует отметить, что в этом отношении радиолокационная техника добилась больших успехов. Современные радиолокационные приемники в состоянии принять и зарегистрировать сигналы мощностью 10^{-18} вт и меньше. Чтобы представить себе величину этой мощности, укажем, что она сравнима с мощностью луча света, который создается лампочкой карманного фонаря на расстоянии в несколько сотен километров.

Однако такая высокая чувствительность не является предельной. Современные методы приема радиосигналов позволяют еще больше повысить чувствительность радиоприемников.

Коэффициент усиления антенны. Коэффициент усиления антенны G характеризует концентрацию излучаемой энергии за счет применения направленной антенны. При использовании ненаправленной антенны излучаемая станцией мощность распределялась бы в пространстве равномерно и на цель падало бы мало электромагнитной энергии. Применение направленной антенны позволяет сосредоточить излучение энергии в определенных пределах и увеличить плотность потока мощности, попадающей на цель, находящуюся в луче станции. Таким образом, с точки зрения повышения дальности действия станции применение направленной антенны с коэффициентом усиления G равнозначно повышению мощности передатчика в G раз в случае применения ненаправленной антенны. Эта зависимость и нашла свое отражение в рассматриваемой нами формуле, где под корнем написано произведение $P_{из}G$.

Итак, применение антенн, излучающих энергию лучом,

ширина которого в одной или двух геометрических плоскостях достаточно мала, позволяет не только увеличить разрешающую способность станции по угловым координатам, но и повысить дальность действия станции. Однако, поскольку сужение луча станции, работающей на некоторой определенной волне, требует увеличения размеров антенн и может уменьшиться, как мы убедимся в дальнейшем, скорость обзора заданного сектора, применение очень узких диаграмм направленности ограничено.

Применение направленных антенн позволяет увеличить дальность действия станции не только за счет большей концентрации излучаемой энергии в нужном направлении, но и за счет улучшения условий приема антенной сигналов, приходящих с определенных направлений.

Способность приемной антенны принимать сигналы, приходящие с различных направлений, непосредственно зависит от коэффициента усиления антенны: чем больше этот коэффициент, тем эффективнее происходит прием сигналов (заметьте попутно, что коэффициент усиления антенны при использовании ее на передачу и прием одинаков). Поэтому коэффициент усиления антенны влияет на дальность действия станции дважды — при излучении и приеме сигналов. Этим и объясняется то, что величина G входит под корень в уравнении дальности в квадрате.

Длина волны. Зависимость дальности действия станции от длины волны довольно сложная. Укажем, например, что от выбора длины волны зависит и возможная максимальная мощность генераторных ламп, и предельная чувствительность приемника, и коэффициент усиления антенны, и эффективная отражающая площадь цели. Все эти параметры влияют на дальность действия станции. Однако, поскольку эта зависимость учитывается в формуле подстановкой вполне определенных значений $R_{изл}$, $R_{пр-мин}$, G и σ , следует указать лишь на зависимость между длиной волны и так называемой эффективной площадью антенны. Действительно, чем больше волна, тем больше должны быть габариты антенны при неизменном ее коэффициенте усиления. Увеличение же габаритов антенны приводит к тому, что антенна «улавливает» больше отраженной мощности, в связи с чем возрастает дальность действия станции.

Эффективная отражающая площадь цели. За критерий отражающей способности цели принимают обычно «эффективную отражающую площадь цели»¹, обозначаемую буквой σ . При этом при расчетах реальный объект (самолет, корабль и другие радиолокационные цели) заменяют некоторым условным

¹ Иногда вместо этого термина употребляют термин «эквивалентная площадь отражения».

идеально отражающим шаром определенных размеров, который отражает в сторону радиолокационной станции сигнал такой же мощности, как и реальный объект.

Такая воображаемая замена реальной цели отражающим шаром удобна тем, что величина эффективной отражающей площади равняется при этом площади большого сечения шара и может быть выражена непосредственно в квадратных метрах.

Так, например, летящий на станцию истребитель при расчете дальности действия радиолокационной станции сантиметрового диапазона волн можно заменить отражающим шаром, находящимся на том же расстоянии, что и истребитель, и имеющим площадь большого сечения 5—10 м² (в зависимости от типа истребителя), а бомбардировщик — шаром с площадью сечения 25—50 м².

Величина эффективной отражающей площади цели зависит от длины волны станции, а для очень больших целей — и от других параметров станции. Поэтому эффективная площадь для одной и той же цели, а следовательно, и ее отражающие свойства для станций разных диапазонов волн могут быть различными. Следует также иметь в виду, что приведенные нами значения эффективной отражающей площади — усредненные и не показывают колебаний ее величины при изменении ориентации (ракурса) цели относительно станции. В действительности величина эффективной отражающей площади может сильно изменяться, поскольку реальные объекты, как одиночные (самолеты, корабли) и групповые (объединения самолетов, кораблей, одновременно наблюдаемые станцией), так и распределенные (земная или водная поверхность, облака), имеют сложную конфигурацию, причем их отдельные элементы обладают различной отражающей способностью. Отражение от таких объектов представляет собой сложный комплекс отдельных отражений от различных точек, интенсивность которых при изменении ориентации объекта относительно станции может очень сильно меняться в зависимости от того, будут ли отдельные отражения складываться или вычитаться. На рис. 137 показана диаграмма изменения эффективной отражающей площади самолета, или диаграмма рассеяния волн самолетом, полученная экспериментально. Из диаграммы видно, что значение эффективной площади самолета может очень сильно (в десятки и сотни раз) измениться даже при очень небольшом изменении положения самолета относительно станции. Меняется эффективная площадь самолета и при значительных поворотах самолета и изменении углов, под которыми он наблюдается. Так, для изображенного на рисунке самолета эффективная площадь значительно меньше при наблюдении его сбоку, чем с хвоста или носа. Поэтому при расчете дальности действия станции применяют

некоторое усредненное значение эффективной площади цели, что позволяет сделать расчеты для некоторых характерных положений объекта относительно станции (полет на станцию, от станции или под определенным углом к ней).

Таким образом, максимальную дальность действия станции на практике нельзя рассматривать как некоторую фиксированную дальность, на которой резко обрывается обнаружение целей. Ее величина колеблется даже при небольшом из-

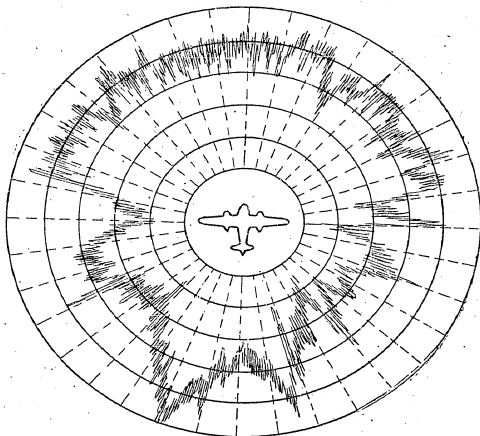


Рис. 137. Диаграмма рассеяния волн самолетом

менении положения цели и связанном с этим изменении величины эффективной отражающей площади цели. Поэтому при обнаружении и сопровождении целей, находящихся на расстоянии, близком к максимальной дальности действия станции, сигнал от цели иногда пропадает и затем вновь появляется даже при практически неизменном направлении ее движения. Иногда же сигнал от цели появляется в тот момент, когда ее дальность значительно превышает определенную по формуле (6) дальность действия радиолокационной станции. В связи с этим при практической работе на станции или при ее испытании за максимальную дальность действия станции принимают некоторое усредненное значение.

256

ЧАСТОТА ПОВТОРЕНИЯ И МАКСИМАЛЬНАЯ ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Ознакомившись с зависимостью между максимальной дальностью действия радиолокационной станции и ее энергетическими характеристиками, кратко остановимся на влиянии дальности действия станции на выбор частоты излучения станцией зондирующих импульсов (частоты повторения).

Эту зависимость в общем виде можно сформулировать так: чем больше максимальная дальность действия станции, тем реже должны излучаться зондирующие импульсы, потому что каждый следующий импульс должен посылаться лишь

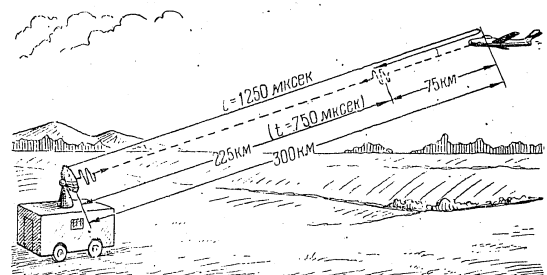


Рис. 138. При слишком высокой частоте повторения следующий зондирующий импульс излучается раньше, чем станция примет сигнал, возникающий при отражении предыдущего зондирующего импульса от удаленных целей

после того, как приемное устройство примет сигнал, отраженный от цели, находящейся на расстоянии максимальной дальности действия станции. Это необходимо для того, чтобы исключить многозначность в определении дальности целей, воспроизводимых на экранах индикаторов станции.

Пусть рассматриваемая станция по своим энергетическим параметрам способна принимать и фиксировать сигналы, отраженные от целей, находящихся на расстояниях до 300 км. Такие сигналы будут достигать станции и воспроизводиться на экранах индикаторов через $1/500$ сек, или 2000 мксек, после излучения зондирующего импульса, что легко проверить по формуле $D = \frac{ct}{2}$. Если в такой станции выбрать частоту повторения, скажем, 800 гц, при которой зондирующие импульсы излучаются через каждые 1250 мксек, то сигнал от цели, удаленной на 300 км, не успеет дойти до станции, как будет послан следующий зондирующий импульс (рис. 138).

17-2394

257

Как известно, излучению каждого зондирующего импульса соответствует создание на экранах индикаторов новой линии развертки, причем начало отсчета времени, а соответственно и дальности цели начинается с момента излучения каждого из этих импульсов. Поэтому импульс от цели, удаленной на 300 км, пройдя оставшиеся 225 км за 750 мксек, будет воспринят станцией в течение следующего цикла работы и появится на линии развертки в точке, соответствующей запаздыванию отраженного сигнала на 750 мксек относительно момента излучения зондирующего сигнала, т. е. в точке развертки, соответствующей дальности

$$D = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 750 \cdot 10^{-6}}{2} = 112,5 \text{ км.}$$

Эта ошибка в определении дальности вызвана только выбором слишком высокой частоты повторения. Поэтому во всех радиолокационных станциях частоту повторения выбирают в соответствии с предельной дальностью обнаружения. Так, станции орудийной наводки, дальность действия которых составляет всего несколько десятков километров, работают с частотой повторения 1500 — 2500 *имп/сек* и более, станции целеуказания — с частотой 600 — 800 *имп/сек* и более, а станции дальнего обнаружения — с частотой 400 — 300 *имп/сек* и менее.

Так, например, американские станции орудийной наводки среднекалиберной зенитной артиллерии SCR-584 и SCR-784 имеют частоту повторения 1707 *имп/сек*; в канадской станции целеуказания, используемой в радиолокационной системе управления огнем СЗА, частота повторения выбрана равной 800 *имп/сек*; в одной из первых английских станций дальнего обнаружения СН частота повторения составляла 25 *имп/сек*, а в современной американской радиолокационной станции обнаружения самолетов AN/FPS-8 частота повторения равняется 360 *имп/сек*.

ВЛИЯНИЕ КРИВИЗНЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Говоря о максимальной дальности действия радиолокационной станции, мы условились считать, что между станцией и отражающим объектом существует прямая видимость. Поэтому выведенное нами уравнение дальности справедливо только в тех случаях, когда цель находится в пределах горизонта и не скрыта от наблюдения кривизной земной поверхности.

Чтобы не ошибиться при определении реальной дальности действия станции, антенна которой находится на той или

иной высоте над землей, следует еще рассчитать дальность прямой видимости.

Из первой части книги, главы III, посвященной вопросам распространения радиоволн и влиянию условий распространения на дальность радиосвязи, читатель уже знает, что дальность прямой видимости без учета рефракции радиоволн может быть определена по формуле

$$D_{\text{пр. вид}} = 110 (\sqrt{h} + \sqrt{H}), \quad (7)$$

где $D_{\text{пр. вид}}$ — дальность прямой видимости в км (рис. 139);

H — высота расположения цели в км;

h — высота расположения антенны станции в км.

При определении дальности прямой видимости для радиолокационных станций, или, как часто говорят, радиолокационного горизонта, следует учитывать некоторое искривле-

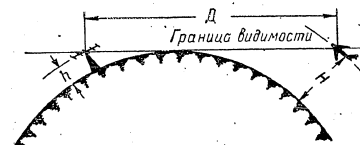


Рис. 139. График, поясняющий влияние кривизны земной поверхности на дальность действия радиолокационной станции

ние траектории радиолучей (рефракцию), особенно заметное при распространении радиоволн под небольшими углами к горизонту.

Это явление обусловлено тем, что обычно при увеличении высоты уменьшаются давление, температура и влажность воздуха и в связи с этим увеличивается скорость распространения радиоволн.

При нормальном состоянии атмосферы это приводит к некоторому изменению направления фронта волны (рис. 140) и, как следствие этого, к небольшому огибанию радиоволнами земной поверхности и увеличению радиолокационного горизонта относительно дальности прямой видимости (оптического горизонта).

Дальность радиолокационного горизонта с учетом «нормальной», или «стандартной», рефракции, характерной для средних широт при нормальном состоянии атмосферы, определяется формулой

$$D_{\text{рлс. вид (км)}} = 130 (\sqrt{H_{(км)}} + \sqrt{h_{(км)}}) = 4,1 (\sqrt{H_{(ми)}} + \sqrt{h_{(ми)}}). \quad (8)$$

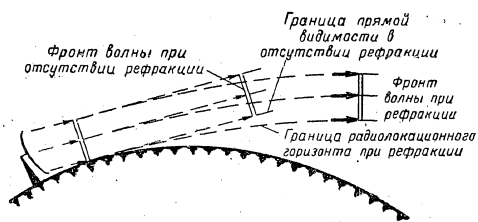


Рис. 140. Влияние рефракции на радиолокационный горизонт

Анализ формулы (8) и рис. 139 показывает, что предел действия станции, ограничиваемый дальностью горизонта, тем меньше, чем ниже расположена антенна станции. Поэтому дальность действия мощных наземных и корабельных радиолокационных станций, антенны которых располагаются на сравнительно небольшой высоте, часто ограничивается пределами прямой видимости, а не энергетическим потенциалом станции (особенно при наблюдении за кораблями и низко летящими самолетами). Этим и объясняется стремление располагать мощную наземную станцию на возвышенности, а антенну корабельной станции — на вершине мачты корабля.

Из формулы (8) следует также, что предельные дальности действия станций тем меньше, чем ниже находится цель. Этим обусловлены сравнительно небольшие дальности обнаружения радиолокационными станциями кораблей и низко летящих самолетов.

Рассмотренная формула не учитывает влияния на дальность радиолокационной видимости неровностей почвы, естественных

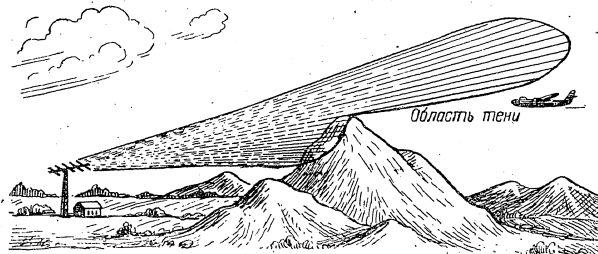


Рис. 141. Экранирование воздушных целей неровностью местности

и искусственных сооружений, расположенных в непосредственной близости от позиции станции. Как легко заметить из рис. 141, дальность радиолокационной видимости в отдельных секторах наблюдения даже по ближним и высоко летящим самолетам может резко снизиться из-за экранирования, создаваемого высокими строениями (домами, ангарами), лесными массивами или горами.

ВЛИЯНИЕ СВЕРХРЕФРАКЦИИ НА ДАЛЬНОСТЬ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ

Как следует из формулы (8), при нормальной рефракции дальность радиолокационного горизонта превышает предел прямой видимости примерно на 18%.

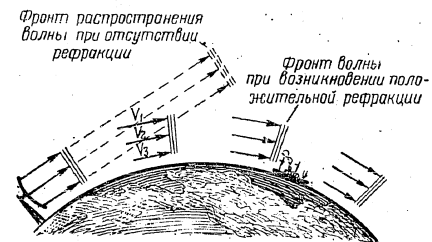


Рис. 142. Огибание земной поверхности ультракороткими волнами при положительной рефракции происходит за счет снижения скорости распространения радиоволн в приземных слоях ($V_3 < V_2 < V_1$)

Однако, как уже известно из предыдущего материала, при определенных метеорологических условиях может произойти резкое искривление траектории распространения радиоволн сантиметрового, дециметрового, а в отдельных случаях и метрового диапазонов волн. Это явление, носящее название сверхрефракции, может значительно изменить дальность радиолокационного горизонта.

При сверхрефракции (рис. 142), возникающей в тех случаях, когда в приземном или надводном слое происходит не уменьшение, как обычно, а увеличение температуры по высоте или существует большая, чем обычно, насыщенность атмосферы парами воды и резкое убывание ее с высотой, дальность радиолокационного обнаружения низко летящих самолетов и кораблей значительно возрастает. С этой точки зрения явление сверхрефракции следует считать положительным. С другой

стороны, при сверхрефракции в диаграмме обнаружения станции под определенными углами места иногда появляются провалы, связанные с отклонением радиолуча вниз, что может привести к уменьшению дальности обнаружения самолетов, летящих на средних или больших высотах (рис. 143), или возникновению недрасматриваемых участков в зоне обнаружения.

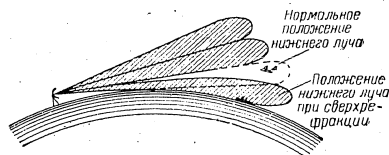


Рис. 143. Отклонение нижнего луча многолучевой диаграммы направленности вниз, вызванное положительной рефракцией, может ухудшить условия обнаружения высоко летящих самолетов

Иногда при очень резких увеличениях температуры с высотой или при образовании приземного слоя атмосферы с большой насыщенностью влагой траектория лучей, направленных под небольшими углами к горизонту, может настолько искривиться, что они достигнут поверхности земли или воды, отразятся от нее, вновь претерпят сверхрефракцию и т. д. (рис. 144).

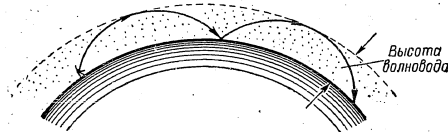


Рис. 144. Упрощенная схема распространения радиоволн по «атмосферному волноводу»

Таким образом, радиоволны будут распространяться в пределах некоторого приземного или надводного слоя, образующего своеобразный «атмосферный волновод». При этом ультракороткие волны могут распространяться на расстояния, превышающие дальность обычного радиолокационного горизонта в десятки раз. Известны, например, случаи, когда береговые радиолокационные станции обнаруживали противоположный берег моря, находящийся на расстоянии 300—400 км, а иногда даже 1000 км и более, хотя дальность прямой видимости составляла не более 60—70 км.

Для возникновения атмосферных волноводов, кроме обычных изменений температуры и влажности воздуха по высоте, еще необходимо определенное соотношение между длиной волны и вертикальным размером (высотой) такого волновода. Не рассматривая здесь этой зависимости подробно, укажем только, что чем меньше длина волны, на которой работает станция, тем меньше может быть вертикальный размер слоя, при котором могут возникнуть атмосферные волноводы.

Кроме положительной рефракции, ведущей к отклонению радиоволны вниз от прямолинейного направления, при определенных метеорологических условиях может возникнуть отрицательная рефракция: радиоволны, направленные под небольшими углами к горизонту, отклоняются вверх (рис. 145). При

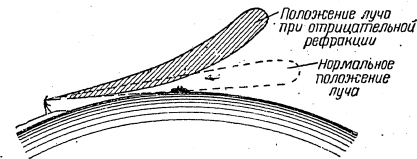


Рис. 145. Возникновение отрицательной рефракции уменьшает дальность обнаружения кораблей и низко летящих самолетов

этом уменьшается радиолокационный горизонт и, как следствие, сокращается дальность обнаружения кораблей, низко летящих самолетов и всех других целей, расположенных по отношению к радиолокационной станции под малыми углами места.

Возможность возникновения как одного, так и другого вида рефракции необходимо учитывать при использовании радиолокационных средств.

Так, например, экипажи кораблей и низко летящих самолетов должны иметь в виду, что при возникновении сверхрефракции корабли и самолеты будут обнаруживаться корабельными, наземными и береговыми радиолокационными средствами на больших дальностях, чем обычно, в то время как при отрицательной рефракции дальность обнаружения резко снизится. Расчеты радиолокационных станций должны помнить, что при отрицательной рефракции дальность обнаружения целей, находящихся под малыми углами, падает. Следует также не забывать, что при сверхрефракции высота цели может измеряться с большими ошибками вследствие резких искривлений траектории луча.

Учитывая значительное влияние сверхрефракции радиоволн на качество боевой работы радиолокационных средств,

целесообразно напомнить, что сверхрефракция часто возникает в теплое время года после захода Солнца, когда земная поверхность и нижний слой воздуха остывают, а верхний слой остается еще нагретым, а также над морем в ясную безветренную погоду, когда над водой образуется слой воздуха с большой влажностью. Такие условия распространения радиоволн могут также возникнуть летом над морем при движении ветра с суши, так как при этом сухой воздух вызывает сильное испарение морской воды и резкое падение давления с ростом высоты в надводном слое атмосферы.

Отрицательная рефракция может возникнуть при движении холодного ветра с моря на сушу. При этом верхние слои воздуха окажутся более холодными, чем нижние приземные слои.

ЗАТУХАНИЕ РАДИОВОЛН

Уравнение максимальной дальности радиолокационной станции выведено в предположении радиопрозрачности атмосферы и справедливо лишь для станций, работающих на волнах длиннее 20—30 см, когда потери в тропосфере практически отсутствуют.

В более коротком диапазоне волн, особенно на волнах короче 10 см, затухание становится заметным и для определенных длин волн может привести к существенному уменьшению дальности действия станций.

Причиной затухания радиоволн может быть или поглощение энергии парами воды и кислородом воздуха, или поглощение и рассеяние энергии водяными каплями.

При распространении радиоволн на значительные расстояния затухание может сильно ослабить зондирующий и отраженный сигналы и уменьшить дальность действия станции. Поэтому при определении реальной дальности действия радиолокационных станций сантиметрового и смежных с ним диапазонов волн приходится в формулу (6) вносить поправку на затухание радиоволн.

Поглощающее действие паров воды наиболее сильно сказывается на радиоволнах короче 0,5—0,6 см и на волнах около 1,3 см. Радиоволны длиннее 2 см парами воды практически не поглощаются¹.

Поглощение кислородом резко возрастает на волне 0,5 см. В области более длинных волн оно доходит до 10—20 см, имея для этих волн сравнительно небольшое значение. Следует заметить, что затухание радиоволн, обусловленное поглощением кислородом, кроме участка вблизи волны 0,5 см,

изменяется почти пропорционально квадрату давления и поэтому быстро уменьшается с увеличением высоты.

При наличии в атмосфере капель воды затухание обусловлено как поглощением, так и рассеянием энергии электромагнитного поля.

Затухание, вызванное поглощением, проявляется наиболее сильно при очень малых размерах капель (туман, некоторые типы облаков), а затухание, связанное с рассеянием радиоволн, — при крупных размерах капель.

Степень затухания в значительной мере зависит от диаметра капель и количества выпадающих осадков. Радиоволны длиной 10 см и выше не затухают даже при сильном дожде. Но отражение их от дождя может затруднить обнаружение цели. Цели, находящиеся за полосой дождя небольшой протяженности, будут наблюдаться без заметного ослабления отраженного сигнала даже при применении волн короче 10 см. Если же полоса дождя между станцией и целью будет иметь значительную глубину, ослабление сигнала от цели, обусловленное отражением электромагнитной энергии от капель дождя, может быть значительным и может заметно уменьшить дальность действия станции.

¹ Читателю, желающему более подробно ознакомиться с этим вопросом, рекомендуем воспользоваться книгами: А. Ф. Богомолов, Основы радиолокации, изд. «Советское радио», 1954. А. С. Локк, Управление снарядами, ГИИТЛ, 1957.

ГЛАВА XI

ИНФРАКРАСНАЯ ТЕХНИКА

В предыдущих главах мы рассматривали только радиотехнические средства, их устройство и принцип работы. Несмотря на большое различие в конструкции этих средств, в их назначении и областях боевого использования, все они имеют одно общее свойство: использующиеся в них электромагнитные колебания лежат в диапазоне радиоволн.

Однако общий спектр электромагнитных колебаний не ограничивается радиоволнами. Как видно из рис. 146, этот спектр имеет нижней границей волну в $1 \cdot 10^{-11}$ см, а верхней — волну около $3 \cdot 10^{10}$ см. Радиоволны занимают в спектре только один участок — от 20 000 м до десятых долей миллиметра.

Участок спектра, лежащий между радио- и световыми волнами, занимают инфракрасные волны¹, верхним пределом которых служит волна длиной около 750 микрон², а нижним — волна, равная 0,76 м. Таким образом, инфракрасные волны смыкаются с одной стороны с видимой частью спектра, а с другой — с миллиметровыми радиоволнами. Резкой границы между инфракрасными, световыми и радиоволнами не существует. Все они по своей природе являются электромагнитными волнами, и границы между ними условные.

Также нет и четкого деления инфракрасного диапазона на участки. Однако часто этот диапазон волн делят на три участка: длинноволновый (750—25 м), средневолновый (25—2,5 м) и коротковолновый (2,5—0,76 м). Такое деление в основном отражает различие в процессах возникновения инфракрасных лучей.

Инфракрасные лучи, непосредственно примыкающие к участку видимого спектра, обладают многими качествами, свойственными видимым лучам (например, прямолинейное

¹ Инфракрасные лучи часто называют также тепловыми.

² Микрон равен одной миллионной части метра; обозначается эта единица длины греческой буквой μ («ми»).

распространение, преломление и т. п.), но лежат они за пределами чувствительности человеческого глаза и поэтому не могут непосредственно наблюдаться человеком.

Инфракрасные лучи широко используются в военном деле. Современные инфракрасные приборы могут применяться для решения следующих основных задач:

- тепловизионирования (определения направления) источников инфракрасных лучей;
- скрытного видения различных объектов и поля боя в инфракрасных лучах;
- самонаведения реактивных снарядов и других боевых средств на объекты, излучающие инфракрасные (тепловые) лучи;
- обеспечения связи и сигнализации;
- фотографирования в инфракрасных лучах.

С большинством из этих областей применения мы встретимся в следующих разделах книги.

Всякий прибор, использующий инфракрасные лучи, должен иметь прежде всего приемник инфракрасных лучей и генератор этих лучей. Однако генераторами инфракрасных лучей могут непроизвольно служить многие военные объекты, потому что любое нагретое тело излучает инфракрасные волны. Поэтому инфракрасный прибор может иметь генератор в своем составе либо использовать излучение внешнего генератора.

Приемник, или, как его часто называют, индикатор, должен обеспечивать обнаружение входящих инфракрасных лучей.

Кроме генератора и приемника, в состав приборов инфракрасной техники должны входить фокусирующие системы, обеспечивающие направленную передачу и прием (или только прием) энергии. Наконец, в общей системе передачи энергии инфракрасных лучей большую роль играет промежуточная среда, определяющая условия распространения инфракрасных волн.

Рассмотрим более подробно элементы инфракрасных приборов и условия распространения инфракрасных лучей.

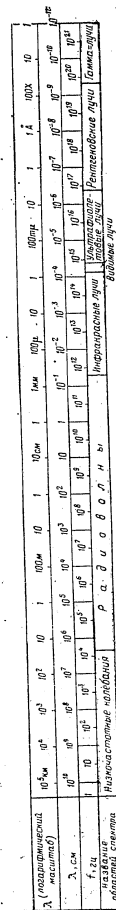


Рис. 146. Спектр электромагнитных колебаний

Генераторы инфракрасных лучей. К наиболее простым, широко распространенным на практике источникам инфракрасных лучей относятся нагретые тела. Тела, нагретые до высокой температуры, излучают вместе с инфракрасными лучами и лучи видимого спектра (это характерно для обычных электрических ламп накаливания, различных газоразрядных и ртутных ламп и т. п.). Но если температура тела ниже температуры, при которой возникает свечение, то оно излучает практически только невидимые для глаза инфракрасные лучи. К таким источникам относятся, например, нагретые части кораблей и в первую очередь его дымовые трубы, работающие двигатели автомобилей, танков, самолетов и даже тело человека. Прием инфракрасных лучей от этих источников позволяет не только обнаруживать эти источники, но и определять направление на них и даже их местоположение.

Между температурой нагретого тела и спектром излучаемых колебаний существует определенная зависимость. Во-первых, с повышением температуры нагретого тела сильно увеличивается интенсивность излучения, особенно в области больших температур. Во-вторых, с повышением температуры длина волны, на которой излучение максимально, смещается в сторону более коротких волн.

Так, например, нагретые до температуры 75° трубы корабля излучают максимум энергии на волне около 8μ , а объекты, внешние элементы которых нагреваются до 200° , — на волне около 6μ . Таким образом, по температуре излучающего объекта можно достаточно точно определить интенсивность излучения и волну, на которой происходит максимум излучения, и выбрать индикатор инфракрасных лучей.

Тела, нагретые до более высоких температур (примерно до 500°), начинают светиться, т. е. излучать не только инфракрасные, но и видимые лучи. Поэтому если в военной аппаратуре в качестве генераторов инфракрасных лучей применяют лампы накаливания или другие источники, излучающие также и видимые лучи, то для предотвращения излучения видимых лучей применяются специальные инфракрасные фильтры. Такие фильтры пропускают только инфракрасные лучи, а лучи видимого участка спектра поглощают.

Фокусирующие устройства могут быть линзовыми или зеркальными и служат для направленной передачи и приема энергии.

В качестве зеркальных фокусирующих устройств обычно применяются параболические зеркала (рис. 147). Если излучатель инфракрасных лучей поместить в фокусе такого зеркала, то они, отразившись от его поверхности, будут излучаться узким пучком. Наоборот, лучи, приходящие от удаленного источника, будут собираться в фокусе отражателя, что улучшает условия их приема. Такие зеркала могут иметь достаточно большие раз-

меры — до 100 см и более. В линзовых системах, как говорит само название, основным элементом служат линзы.

Приемники (индикаторы) инфракрасных лучей применяются для обнаружения источников инфракрасных лучей и преобразования последних в другие виды энергии, удобные для использования в аппаратуре. Обычно энергия инфракрасных лучей преобразуется в военной аппаратуре в электрическую или световую энергию.

По спектральным характеристикам все приемники инфракрасных лучей можно разделить на неселективные и селективные. Неселективные приемники имеют почти одинаковую чувствительность в широком диапазоне частот инфракрасного

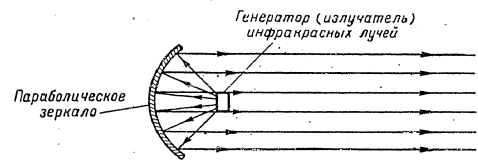


Рис. 147. Образование узкого пучка инфракрасных лучей с помощью параболического зеркала, в фокусе которого расположен генератор

спектра. К таким приемникам относятся, в частности, термоэлементы, болометры и термисторы. Они дают возможность получить в цепи индикатора электрический сигнал, пропорциональный интенсивности принимаемого потока инфракрасных лучей. Эти приемники используются обычно при теплотеленсации, объектов противника по их собственному инфракрасному излучению.

Селективные приемники имеют достаточно резко выраженную чувствительность в определенных участках инфракрасного спектра. К таким приемникам относятся фотоэлектронные индикаторы различных типов — фотоэлементы, электронно-оптические преобразователи и электронные умножители, а также очувствленные специальным образом фотопластины.

Большинство используемых на практике фотоэлектрических индикаторов применяется в инфракрасных приборах для фиксации момента приема и определения интенсивности приходящих инфракрасных лучей по создаваемому в индикаторе электрическому сигналу определенной мощности. Однако иногда бывает необходимо преобразовать энергию принимаемых инфракрасных лучей не в электрическую, а в световую. При соответствующей фокусировке приходящих лучей это позволяет не только определять направление на источник их излучения, но

и наблюдать изображение местности и находящиеся на ней местные предметы, боевую технику и людей.

Для преобразования инфракрасных лучей в видимые могут применяться электронно-оптические преобразователи. Принцип их действия поясняется на рис. 148. Сфокусированные с помощью специальных оптических систем инфракрасные лучи, попадая на полупрозрачный фотокатод (пластина с нанесенным на нее тонким слоем специального вещества), выбивают из его поверхности электроны. Эти электроны под влиянием электрического поля преобразователя (см. рис. 148) устремляются к плоскому аноду, покрытому флуоресцирующим веще-

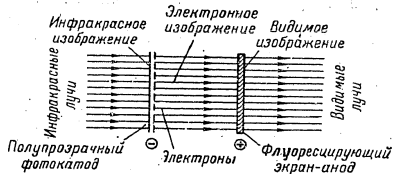


Рис. 148. Принцип действия электронно-оптического преобразователя

ством. Анод в результате бомбардировки электронами начинает светиться, причем яркость свечения отдельных участков пропорциональна количеству попадающих на них электронов. Таким образом, на флуоресцирующем экране создается видимое изображение объекта, инфракрасное излучение которого проектируется на фотокатод электронно-оптического преобразователя. Внешний вид таких приборов иностранного производства изображен на рис. 149.

Для работы таких преобразователей требуется прикладывать между анодом и катодом напряжение в несколько киловольт. Однако ввиду того, что ток при этом потребляется очень небольшой, общее потребление энергии от источника питания оказывается незначительным.

Прохождение инфракрасных лучей через атмосферу. Инфракрасные лучи на своем пути к приемной аппаратуре проходят через атмосферу. Они ослабляются при этом вследствие поглощения и рассеяния молекулами содержащихся в атмосфере газов, твердыми частицами дыма и пыли, а также каплями воды (дождем, облаками, туманом).

Поглощение происходит неравномерно по всему диапазону. Существуют участки, где потери сравнительно незначительны, тогда как на других участках происходит очень сильное погло-

щение главным образом парами воды и углекислотой. Иногда приходится также учитывать потери, связанные с рассеянием инфракрасных лучей молекулами воздуха, водяными парами,

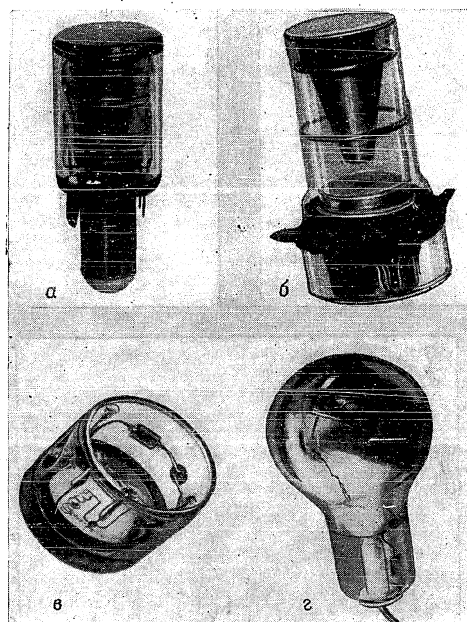


Рис. 149. Внешний вид электронно-оптических преобразователей различных фирм:

а — американской; б — немецкой; в — английской; г — голландской

каплями дождя и частицами примесей, находящихся в воздухе (дым, пыль и т. п.).

Условия распространения инфракрасных волн необходимо учитывать при выборе диапазона волн, на котором должен работать тот или иной инфракрасный прибор, а также при определении дальности действия этих приборов в конкретных условиях.

КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ И ИНФРАКРАСНЫХ СРЕДСТВ

Радиолокационные и инфракрасные средства применяются сейчас в военных целях при навигации своих самолетов и кораблей, для обнаружения воздушных, надводных и наземных целей противника, точного определения их координат, при управлении стрельбой и для обеспечения своевременного разрыва снарядов ствольной и реактивной артиллерии и т. д.

Назначением радиолокационной станции в значительной степени определяются ее тактические характеристики — дальность действия, пределы работы по высоте, точность определения координат, подвижность, что в свою очередь предъявляет определенные требования к техническим параметрам станции — мощности передатчика, чувствительности приемника, методу индикации принимаемых сигналов, весу и габаритам аппаратуры и другим параметрам.

В равной мере это относится и к инфракрасной аппаратуре, схемное построение, конструкция, вес и размеры которой определяются в первую очередь ее тактическим назначением.

В настоящее время в армиях различных стран мира применяются радиолокационные и инфракрасные приборы различных типов, отличающиеся один от другого как по назначению, так и по конструкции. За основу их классификации можно взять тактические или технические особенности.

Однако в связи с тем, что выбор технических параметров радиолокационных станций (как и инфракрасных приборов) определяется предъявляемыми к ним тактическими требованиями, наиболее целесообразно в основу классификации положить их тактическое назначение. На этом принципе и основана классификация радиолокационных и инфракрасных средств в последующих главах.

ГЛАВА XII

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

Радиолокационные средства, используемые в войсках противовоздушной обороны различных стран мира, по их тактическому назначению и месту применения можно разделить на наземные радиолокационные станции дальнего обнаружения, станции обнаружения и наведения, самолетные станции перехвата и прицеливания, устанавливаемые на истребителях, станции целеуказания и оружейной наводки зенитной артиллерии, станции управления стрельбой зенитных реактивных средств, радиолокационные взрыватели зенитных снарядов, аппаратуру опознавания, средства управления зенитными прожекторами.

Кроме того, в истребительной авиации противовоздушной обороны разных стран применяется аппаратура посадки самолетов в сложных метеорологических условиях по приборам, рассмотренная в разделе о средствах военно-воздушных сил.

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ ДАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ

Радиолокационные станции дальнего (или, как часто называют, раннего) обнаружения используются для обнаружения самолетов, самолетов-снарядов и других воздушных целей противника с целью своевременного приведения в боевую готовность средств активной противовоздушной обороны и заблаговременного предупреждения населения городов и сел об угрозе воздушного нападения.

Эти станции должны обнаруживать средства воздушного нападения на максимально возможном расстоянии до пересечения ими государственной границы или линии фронта, определять характер и состав целей и непрерывно сопровождать цели, вплоть до момента их уничтожения истребительной авиацией, зенитной артиллерией или зенитными реактивными средствами.

Большие дальности обнаружения требуются вследствие высоких скоростей полета современных реактивных самолетов и

самолетов-снарядов и связанной с этим скоротечности воздушного боя. Так, если скорость самолета-бомбардировщика составляет 1000—1200 км/час, то он может появиться в районе цели, находящейся в 100—120 км от границы или линии фронта, примерно через 6—8 мин после пересечения границы. Естественно, для того чтобы успеть привести средства ПВО в боевую готовность и уничтожить воздушного противника, пока он не достиг объекта бомбометания, самолеты должны обнаруживаться при их полете еще над территорией противника, на максимально возможном удалении.

Это требование особенно важно при обороне объектов, расположенных в прифронтовой полосе, на берегу моря или у границы. Здесь получение максимальной дальности действия станций становится первоочередной задачей, которая иногда решается даже за счет ухудшения других тактических параметров станций.

Именно поэтому уже в годы второй мировой войны радиолокационные станции английской сети дальнего предупреждения о приближении вражеских самолетов устанавливались вдоль побережья Англии. В целях увеличения времени между моментом обнаружения самолетов и их приближением к английским островам при конструировании этих станций основное внимание уделялось повышению дальности действия.

В США радиолокационные линии предупреждения о приближении самолетов вынесены на границу с Канадой и дальше к северу на территорию Канады. Цепь аналогичных радиолокационных станций размещается также вдоль западного и восточного побережья США. Вынос линий радиолокационного предупреждения к границам территории США и размещение их на территории Канады также обусловлены желанием увеличить дальность обнаружения самолетов.

Между максимальной дальностью действия, разрешающей способностью и точностью работы станции существует определенная взаимосвязь. Так, при неизменной мощности передатчика дальность действия станции можно увеличить, уменьшив точность ее работы и разрешающую способность по дальности. Поэтому в некоторых случаях при конструировании радиолокационных станций обнаружения, особенно тех, которые должны быть расположены вдоль границы, морского побережья или линии фронта, уменьшают точность и разрешающую способность этих станций с целью повышения дальности их действия.

Дальность обнаружения самолетов-бомбардировщиков стационарными станциями этого типа — около 400—450 км при высоте полета цели 12—15 км. Подвижные станции имеют дальность действия 200—350 км. Верхняя граница зоны обнаружения этих станций может быть различной, но не должна

быть ниже возможной высоты полета самолетов, самолетов-снарядов и других воздушных целей противника.

Однако указанные выше дальности действия радиолокационных станций обнаружения не являются предельными. Современные методы повышения чувствительности приемных устройств позволяют создавать радиолокационные станции, дальность действия которых значительно превосходит указанные выше значения¹. При этом ограничивающим фактором может являться не чувствительность приемника (т. е. возможность приема и регистрации отраженного сигнала), а дальность радиолокационного горизонта. В связи с этим такие дальности действия возможны только по высоко летящим целям.

Станции дальнего обнаружения могут работать на волнах метрового, дециметрового и сантиметрового диапазонов. Так, например, американская станция SCR-270 работает на волне 2,7 м, станция AN/TPS-3 — на волне 50 см, а французская станция VPA — в десятисантиметровом диапазоне волн.

Преимущество применения станций метрового и отчасти дециметрового диапазонов волн заключается в возможности получить при меньшей мощности передатчика большую дальность действия (по сравнению со станциями сантиметрового и дециметрового диапазонов) за счет отражения радиоволн от земной или морской поверхности, а также в связи с некоторым улучшением условий отражений радиоволн этих диапазонов от стреловидных обтекаемых воздушных целей.

Влияние земной (морской) поверхности на формирование диаграммы направленности в вертикальной плоскости кратко можно пояснить следующим образом.

Радиоволны, излучаемые радиолокационной станцией, приходят к некоторой удаленной точке пространства двумя путями, — прямым и после отражения от земной поверхности. Амплитуда отраженной волны зависит от свойств земной поверхности. Однако если считать землю идеальным проводником (что при приближенном ознакомлении с явлением отражения радиоволн вполне допустимо), то амплитуда отраженной волны будет равна амплитуде прямой волны. Соотношение фаз этих двух волн будет зависеть от разности их хода. Поэтому в одних направлениях волны, приходящие от антенны и ее отражения, будут равны по амплитуде, но обратны по фазе, в других — равны по амплитуде и по фазе.

Результирующее электромагнитное поле в различных точках пространства в результате интерференции волн будет равно удвоенному значению напряженности поля одиночной антенны при совпадении фаз, нулю — при противоположных фазах или

¹ См. журнал «Радиотехника и электроника за рубежом» № 2, 1959 г., стр. 85—95.

некоторым промежуточным значениям при других соотношениях фаз приходящих в эти точки волн.

Таким образом, под влиянием земной поверхности диаграмма направленности станции в вертикальной плоскости получается изрезанной, образуется многолепестковая структура ее (рис. 150). Количество лепестков и значения углов, под которыми расположены максимумы лепестков и провалы, зависят от соотношения между длиной рабочей волны станции и высотой подъема ее антенны над землей (морем). Чем больше высота антенны по сравнению с длиной волны, тем больше лепестков имеет диаграмма направленности антенны и тем ниже располагается первый лепесток.

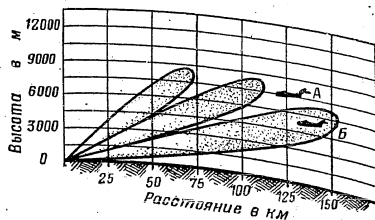


Рис. 150. Влияние отражения радиоволн от земли на форму диаграммы направленности станции

При неидеально проводящей земле диаграммы имеют несколько иной вид, но характер их остается таким же. Поэтому в тех случаях, когда необходимо повысить дальность обнаружения самолетов, летящих на малых и средних высотах, антенны станций метрового диапазона нужно устанавливать на большей высоте. При этом первый и все последующие лепестки диаграммы направленности опустятся ниже, что приведет, как видно из рис. 150, к увеличению дальности обнаружения низко летящих самолетов. И наоборот, для повышения пределов обнаружения высоко летящих самолетов высоту расположения антенны следует уменьшить, что приведет к увеличению углов наклона лепестков диаграммы направленности.

Влияние земной поверхности на формирование диаграмм направленности станций сантиметрового диапазона, имеющих более узкие диаграммы излучения, значительно меньше и проявляется практически только при небольших углах места. Это обусловлено в первую очередь тем, что узкий радиолуч при достаточно большом угле подъема антенны практически не ка-

сается поверхности земли и отраженные от земли лучи или имеют небольшую интенсивность, или полностью отсутствуют. Поэтому в большинстве случаев диаграмма направленности создается только за счет прямых радиолучей и имеет один главный лепесток без провалов.

В тех же случаях, когда луч касается земной поверхности и возникают отражения, провалы в диаграмме направленности бывают менее интенсивными, чем в станциях метрового диапазона. Последнее обуславливается также и тем, что в станциях сантиметрового диапазона волн отношение высоты расположения антенны к длине волны бывает обычно больше, чем в станциях, работающих на метровых волнах. В связи с этим диаграмма направленности антенны приобретает многолепестковый характер и провалы в зоне обнаружения будут очень узкими.

Из сказанного выше следует, что применение метровых волн в радиолокации наряду с преимуществами имеет и недостатки. Наличие провалов в диаграмме обнаружения приводит к потере станцией воздушных целей, находящихся под некоторыми углами места. Станции метрового диапазона имеют также худшую, чем станции сантиметрового диапазона, разрешающую способность по угловым координатам.

Кроме того, если станция расположена на пологом склоне холма или на местности с различными предметами и сооружениями, то зона обнаружения станции изменяется и уменьшается точность определения высоты полета цели.

Однако при первом обнаружении целей обычно не требуется точного определения высоты, как и двух других координат. Для точного определения высоты цели совместно со станцией дальнего обнаружения может использоваться радиолокационный высотомер — станция, специально предназначенная для определения высоты полета целей.

Точность определения дальности цели станциями дальнего обнаружения может составлять около 1 км, а азимута — около 1°. Станции этого типа работают, как правило, в режиме кругового (или во всяком случае секторного) обзора, осуществляя последовательное наблюдение воздушного пространства. Скорость вращения антенн станций может быть сравнительно низкой — 2–6 об/мин, так как перемещение цели, которое может достигать в этом случае 2–6 км за один оборот антенны, здесь не играет существенной роли.

В станциях дальнего обнаружения обычно применяют индикаторы кругового обзора, на экранах которых отметки целей сохраняются в течение полного оборота антенны, что позволяет наиболее наглядно воспроизвести воздушную обстановку.

новку в зоне действия станции, определить маршруты и скорость полета целей.

Станции дальнего обнаружения располагаются на местности в определенном порядке и на таком расстоянии одна от другой, чтобы их зоны обнаружения, перекрываясь, создавали сплошное радиолокационное поле. Однако такое поле, созданное в расчете на цели, летящие на средних и больших высотах, будет иметь участки, через которые низко летящие цели могут пройти незамеченными (рис. 151). Поэтому низко летящие самолеты противника, пролетая над территорией, где создано радиолокационное поле, могут довольно долго оставаться необнаруженными и совершенно неожиданно появиться в районе цели. В то же время более тесное расположе-

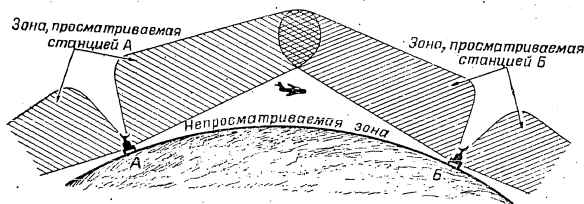


Рис. 151. Образование непросматриваемых зон

ние станций нежелательно, поскольку при этом, как видно из рис. 151, не будут полностью использованы возможности станций по обнаружению целей на средних и больших высотах.

Для обнаружения низко летящих целей в промежутках между мощными станциями дальнего обнаружения могут устанавливаться менее мощные станции, обладающие сравнительно небольшими пределами обнаружения самолетов по дальности и высоте. Комбинация основных и вспомогательных станций позволит создать практически сплошную линию обнаружения (рис. 152). Применение вспомогательных станций более выгодно, чем сближение основных станций, обладающих большой мощностью, более громоздких и потребляющих больше энергии. Такой метод перекрытия непросматриваемых участков применен, например, в линиях радиолокационного предупреждения, расположенных на северной границе США и на территории Канады. На этих линиях между мощными радиолокационными станциями расположены станции с небольшой дальностью действия.

Боевая работа на радиолокационных постах дальнего обнаружения осуществляется, как правило, непрерывно, обеспечивая постоянное наблюдение за воздушной обстановкой. Операторы станций, наблюдая за экранами индикаторов кругового обзора, обнаруживают отраженный от цели сигнал, определяют ее дальность и азимут и сообщают их на командный пункт и оператору индикатора высоты. Этот оператор определяет высоту цели и также сообщает ее на командный пункт. Вместе

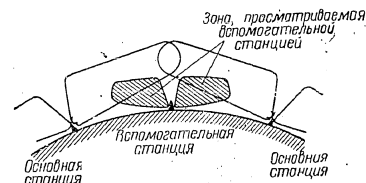


Рис. 152. Закрытие непросматриваемой зоны вспомогательной станцией

с этими данными с радиолокационной станции передаются все остальные выявленные данные о воздушной цели: своя или чужая цель, одиночная или групповая.

Если на экранах индикаторов появились сигналы от нескольких целей, операторы последовательно передают данные о каждой из них, если только они не получают указания о прекращении сопровождения той или иной цели и необходимости сосредоточения внимания на каких-либо определенных целях.

Таким образом, при боевой работе на командном пункте сосредотачиваются данные о воздушной обстановке в зоне действия всех обслуживающих этот командный пункт радиолокационных станций дальнего обнаружения. Эти данные затем используются для управления боевой работой активных средств ПВО.

В тех случаях, когда боевая обстановка в зоне действия станции не напряженная, с начала боевой работы дежурной смены операторов до момента появления самолетов в зоне действия станции может пройти много времени. Поэтому для облегчения работы операторов на станциях обнаружения могут применяться специальные устройства, предупреждающие звуковым сигналом операторов о появлении первого отраженного импульса. Этим предотвращается излишнее утомление операторов.

Заметим, что станции дальнего обнаружения воздушных целей могут быть не только наземные. Иногда они устанавливаются на самолетах и дирижаблях. Смысл этого объясняется следующим. Ультракороткие волны распространяются практически прямолинейно и, за исключением редких аномальных случаев, лишь незначительно огибают земную поверхность. Поэтому даже мощные радиолокационные станции не могут обнаружить на значительных расстояниях самолеты и самолеты-снаряды, летящие на средних и малых высотах. Действительно, как следует из формулы (8), цель, летящая, например, на высоте 5000 м, может быть обнаружена назем-

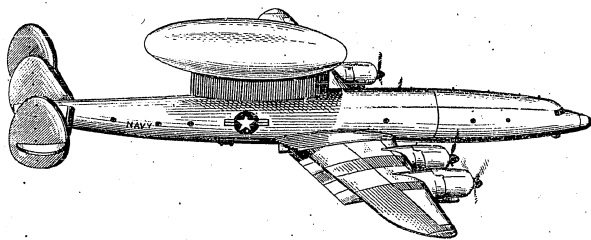


Рис. 153. Размещение станции дальнего обнаружения на самолете радиолокационного дозора

ной станцией на дальности примерно около 300 км, если даже «энергетическая» дальность станции и превышает эту величину. Поэтому в тех случаях, когда границу зоны обнаружения низко летящих целей не удается расширить за счет выдвигания вперед наземных радиолокационных станций, станции обнаружения устанавливают на самолетах или дирижаблях (рис. 153). Такой метод обнаружения воздушных целей применяется, в частности, в системе ПВО США для просмотра главным образом морских пространств.

Станции обнаружения могут также устанавливаться на специальных кораблях, несущих службу радиолокационного дозора. Это дает возможность своевременно обнаружить самолеты противника и привести в боевую готовность активные средства ПВО даже при обороне морских баз и других объектов, расположенных в непосредственной близости от берега.

Необходимость организации непрерывного наблюдения за воздушной обстановкой заставляет включать радиолокационные станции дальнего обнаружения на значительные периоды времени. Это предъявляет очень строгие требования к надеж-

ности работы станций и особенно к ее межремонтному сроку службы. В таких станциях стараются применять прочные детали, избегают даже кратковременных электрических и механических перегрузок, используют резервные блоки и элементы. Прибегают также к схемному и конструктивному упрощению станций, хотя это иногда может ухудшить другие параметры станций.

Следует упомянуть, что на станциях дальнего обнаружения, как, впрочем, и на большинстве других типов станций, применяется специальная аппаратура — запросчики системы опознавания. Принцип действия этой аппаратуры будет описан в специальном разделе книги. Здесь же мы только укажем, что необходимость применения этой аппаратуры вызвана тем, что отраженный сигнал и его изображение на экране индикатора не имеют каких-либо характерных признаков, по которым операторы станций могли бы установить государственную принадлежность обнаруженного самолета. Для такого определения и используется аппаратура опознавания. Операторы прибегают к ней при первоначальном обнаружении воздушных целей и их последующем сопровождении в сложной воздушной обстановке.

СТАНЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ САМОЛЕТОВ ПРОТИВНИКА И НАВЕДЕНИЯ НА НИХ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИИ

Высокие скорости современных реактивных истребителей, обусловленные этим большие радиусы разворота, а также значительный диапазон высот, на которых могут действовать самолеты, не позволяют, как правило, наводить истребители на цель прямо с места их вылета. Приходится вносить поправки в заданные координаты в процессе выполнения истребителями боевой задачи. Для непрерывного управления боевыми действиями истребителей применяются наземные радиолокационные станции обнаружения самолетов противника и наведения на них истребительной авиации. Они включаются после того, как будут обнаружены самолеты противника и истребительное соединение получит приказ об их перехвате. Станции ведут непрерывное сопровождение перехватываемых самолетов и своих истребителей, своевременно сообщая летчику самолета-истребителя данные, необходимые для выхода в район цели в положение, удобное для атаки.

Эта задача может быть выполнена только в том случае, если станции наведения обладают значительной дальностью действия, определяют все три координаты целей и своих истребителей с высокой точностью и воспроизводят получаемые ими данные на экране индикатора кругового обзора. Станции должны иметь также достаточно высокую разрешающую способность по дальности, азимуту и высоте, чтобы можно было

различать сигналы, отраженные от цели и истребителя, при сближении последних и выходе истребителя непосредственно в район цели. Поэтому эти станции работают, как правило, на сантиметровых или дециметровых волнах.

Ошибка в наведении скоростных реактивных истребителей на воздушные цели современными станциями описанного типа не превышает нескольких километров. Поэтому летчик при хорошей оптической видимости может иметь визуальный контакт с целью. В сложных метеорологических условиях визуальное отыскание цели только по данным наземной станции наведения бывает затруднено и летчик самолета-истребителя прибегает к помощи самолетной станции перехвата и прицеливания.

Особенно важно для надежного перехвата цели точно знать высоту самолета противника и своего истребителя. Поэтому станция наведения снабжается радиолокационным высотометром, выполненным в виде отдельной станции или объединенным со станцией наведения, которая в данном случае определяет три координаты цели.

Один из методов определения высоты трехкоординатной станции обнаружения и наведения заключается в следующем (рис. 154). Антенную систему станции выполняют фактически в виде двух самостоятельных антенных устройств — горизонтального и расположенного под некоторым углом к горизонту (рис. 155). Горизонтальное антенное устройство создает вертикальный луч, а наклонное — наклонный, который в сочетании с вертикальным лучом и используется для определения высоты полета цели. При вращении антенной системы станции по азимуту оба луча последовательно облучают и принимают сигналы, отраженные от всех целей, находящихся в зоне действия станции. Таким образом, от каждой цели станция принимает два сигнала, и на индикаторе высоты, куда они поступают, возникают парные отметки. Время запаздывания в приеме второго, дополнительного сигнала относительно основного зависит от высоты полета цели, так как чем она выше, тем на больший угол в горизонтальной плоскости должна повернуться антенная система станции, чтобы наклонный луч пересек цель.

Так, согласно рис. 154 для получения второй отметки от цели, летящей на высоте 3 км, антенная система должна повернуться на угол 20° , а для получения второй отметки от цели, находящейся на той же дальности, но имеющей высоту 6 км, поворот антенны должен составлять уже 40° . Это и позволяет с помощью специального индикатора высоты определять высоту полета целей. Достоинство такого метода заключается в том, что высота измеряется без остановки вращающихся антенн, т. е., как иногда говорят, «на проходе», благодаря чему можно вести одновременное сопровождение и измерение трех координат каждой из целей, находящихся в

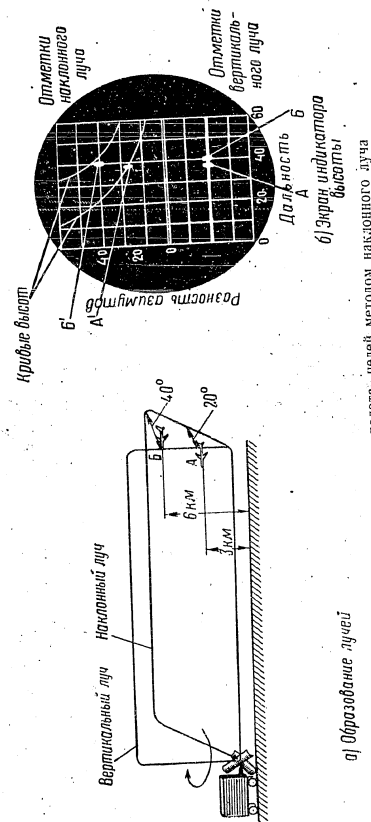


Рис. 154. Определение высоты полета целей методом наклонного луча

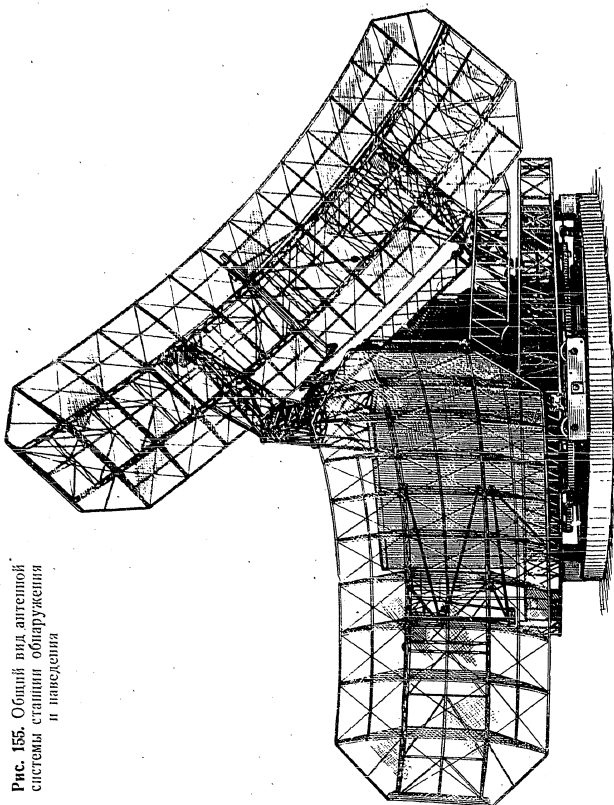


Рис. 155. Общий вид антенной системы станции обнаружения и наведения

зоне действия станции. Описываемый метод измерения высоты часто называют методом «ви-луча», так как расположение диаграмм направленности в этом случае напоминает по своей форме латинскую букву V.

При другом методе, также часто применяемом в армиях различных стран, высота полета самолетов измеряется отдельным радиолокационным высотомером, работающим совместно со станцией обнаружения и наведения и определяющим только две координаты — дальность и азимут. Радиолокационный высотомер имеет антенну специальной формы (рис. 156), образующую очень узкий в вертикальной и несколько расширенный в горизонтальной плоскости луч. Антенна высотомера может вращаться как в горизонтальной, так и в вертикальной

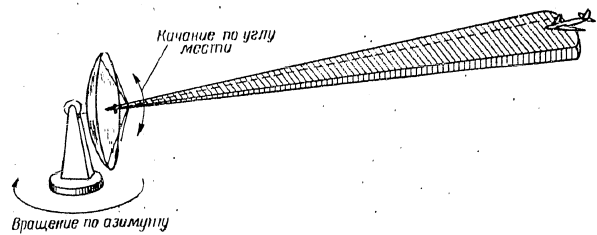


Рис. 156. Диаграмма направленности радиовысотомера

плоскостях. По данным основной станции обнаружения или наведения, она наводится по азимуту на цель, высоту которой надо определить, и поднимается по углу места до тех пор, пока не появится отметка от цели. Таким образом измеряется угол места цели, а при использовании данных о дальности цели — и ее высота.

Высота полета цели обычно вычисляется автоматически электрическими схемами, и данные о высоте полета цели поступают на специальный индикатор высоты (рис. 157). По горизонтали на экране такого индикатора откладывается дальность цели, а по вертикали — высота ее полета. Применение такого индикатора позволяет не только быстро определять высоту полета самолетов, но и, не прибегая к дополнительным работам, найти относительную разность их высот, что при наведении истребителей иногда бывает даже важнее, чем определение высоты полета самолетов относительно земной поверхности. В ряде случаев это может привести к снижению величины ошибки в наведении истребителя по высоте.

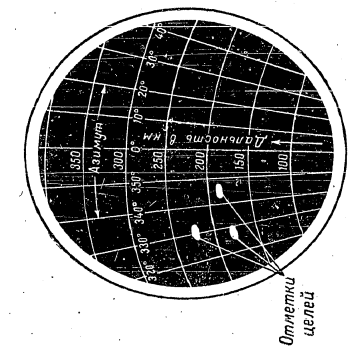


Рис. 158. Экран индикатора секторного обзора

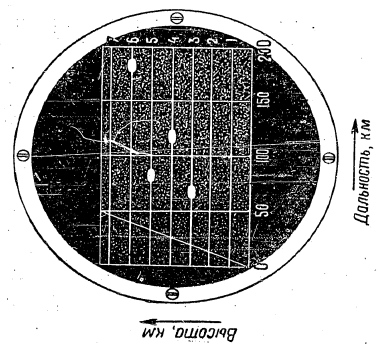


Рис. 157. Индикатор "дальность — высота". На экране видны отметки от целей

Для повышения скорости определения высоты воздушных целей обзор по углу места осуществляется в некоторых высо-
томерах путем электрического качания луча несколько раз в минуту.

Узкая диаграмма направленности в вертикальной плоскости позволяет определять высоту полета самолетов с большой точностью. Ширина диаграммы направленности антенны высо-
томера в горизонтальной плоскости выбирается с таким расче-
том, чтобы высоотомёр, будучи наведен по азимуту по данным
станции обнаружения и наведения, надёжно обнаруживал за-
данную цель.

Для одновременного наведения нескольких групп истреби-
телей на несколько целей, находящихся на разных дальностях
и в различных направлениях относительно станции наведения,
последняя может комплектоваться несколькими индикаторами
кругового или секторного обзора (рис. 158). На секторном ин-
дикаторе штурман, осуществляющий наведение, может видеть
картину воздушной обстановки в интересующем его районе
в крупном плане, что повышает точность наведения и разре-
шающую способность станции.

Скорость вращения антенны станции наведения должна
быть больше, чем у станции дальнего обнаружения, чтобы
воздушная обстановка за время одного оборота антенны изме-
нялась незначительно. Однако слишком большое увеличение
скорости вращения при узких диаграммах направленности при-
водит к недостатку импульсов, попадающих на цель при одном
обороте антенны, и снижает тем самым максимальную даль-
ность действия станции.

Это положение можно подтвердить следующим небольшим
примером. Частота повторения импульсов любой радиолока-
ционной станции выбирается с таким расчетом, чтобы сигнал,
отраженный от цели, находящейся на предельной дальности
действия станции, вернулся и был принят раньше, чем будет
послан следующий зондирующий импульс. Несоблюдение этого
условия сильно усложнит определение дальности цели, так как
сигналы от удаленных целей будут появляться на небольшом
расстоянии от начала развертки.

Таким образом, частота повторения радиолокационной стан-
ции обнаружения и наведения с предельной дальностью дей-
ствия примерно 500 км должна иметь период повторения

$$T = \frac{2D_{\text{макс}}}{c} = \frac{2 \cdot 500}{300\,000} = 1/300 \text{ сек.}$$

Для улучшения условий приема и воспроизведения отра-
женных сигналов и получения максимальной дальности дей-
ствия необходимо, чтобы на цель попало около 5—10 излучае-
мых станцией импульсов, на что в нашем случае требуется

от 1/60 до 1/30 сек. В течение этого времени цель должна находиться в луче станции, т. е. поворот антенны не должен превышать ширины диаграммы направленности. Если для получения высокой разрешающей способности по азимуту ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости выбрана равной, скажем, 1° , то скорость вращения антенны ω будет составлять

$$\omega = 1^\circ : (1/30 \div 1/60) \text{ сек} = (30 \div 60)^\circ/\text{сек}.$$

Следовательно, антенна станции обнаружения и наведения с принятыми нами характеристиками может совершить один полный оборот в горизонтальной плоскости за время, равное $360^\circ : (30 \div 60)^\circ/\text{сек} = 6 \div 12 \text{ сек}$.

Для повышения скорости обзора такой станции приходится либо уменьшать предельную дальность действия, либо жертвовать разрешающей способностью.

Боевая работа операторов на станциях наведения истребителей в отличие от работы на станциях дальнего обнаружения ведется не круглосуточно, а только в период боевых действий авиасоединения, обслуживаемого этими станциями. На основании данных, получаемых от станций дальнего обнаружения, станции наведения включаются в работу с таким расчетом, чтобы приближающиеся вражеские самолеты были первоначально обнаружены на предельной дальности станции, а свои истребители — сразу же после их вылета. По положению сигналов на экранах индикаторов операторы определяют координаты неприятельских самолетов и своих истребителей. На основании этих данных производится расчет курса и скорости самолетов противника и вычисляются необходимые курс и скорость истребителей в точку перехвата.

При сложной воздушной обстановке, когда в зоне действия станции находится большое количество вражеских самолетов, на которые наводятся различные группы истребителей, каждый из операторов может сопровождать только определенные цели и истребители. При этом для удобства работы может применяться несколько одинаковых индикаторных постов, состоящих из индикаторов кругового и секторного обзора и индикатора высоты.

Если станции используются не только для наведения, но и для обнаружения целей, они включаются не при обнаружении целей другими станциями обнаружения, а в соответствии с общим расписанием работы. Однако в этом случае на станции дежурит только сокращенный расчет операторов, работающих за индикаторами обнаружения, а операторы наведения занимают места за индикаторами и начинают боевую работу лишь тогда, когда принимается решение об использовании радиолокационной станции для наведения.

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ВООРУЖЕНИЕ САМОЛЕТОВ-ИСТРЕБИТЕЛЕЙ

Радиолокационные дальномеры. Летчик самолета-истребителя после вывода последнего в район цели с помощью наземной радиолокационной станции наведения должен обнаружить цель, произвести прицеливание и открыть огонь. Наиболее простым радиолокационным устройством, применяемым для этого на одноместных дневных истребителях, является радиолокационный дальномер, совмещенный с оптическим прицелом. Функции радиолокационного оператора выполняет в этом случае сам летчик. Дальномер облегчает измерение дальности атакуемого самолета, причем он обладает большей точностью измерения, чем оптический дальномер. Это помогает летчику быстро и правильно выбрать точку прицеливания и определить момент открытия эффективного огня, что повышает результативность первой атаки. Последнее исключительно важно, так как между первой и второй атаками при современных высоких скоростях полета и обусловленных этим больших радиусах разворота протекает значительное время, за которое бомбардировщик успеет пролететь десятки километров, что может исключить возможность второй атаки.

Радиолокационные дальномеры просты в управлении, количество ручек управления и регулировок сведено в них к минимуму, а индикатор дальности совмещен с оптическим прицелом, что облегчает летчику операцию прицеливания.

Дальность действия прибора выбирается исходя из дальности стрельбы истребителя и составляет несколько километров. Антенна радиолокационного дальномера размещается обычно в носовой части истребителя и имеет неподвижную диаграмму направленности, ширина которой определяется полем зрения оптического прицела. Для сохранения обтекаемой формы, столь необходимой для скоростных реактивных истребителей, антенная система дальномера закрывается обтекателем из радиопрозрачного материала. Рядом с антенной размещаются высокочастотные блоки станции: передатчик и входные элементы приемного устройства. Индикаторный блок находится в кабине летчика.

Включается радиолокационный дальномер обычно на аэродроме перед вылетом или сразу же после вылета. Однако его боевое использование начинается только после вывода истребителя по командам с земли в точку перехвата противника. Обнаружив визуально неприятельский самолет, летчик по сигналам, принимаемым радиолокационным дальномером, определяет дальность атакуемого самолета и момент открытия огня из стрелково-пушечного вооружения или момент стрельбы неуправляемыми ракетами. Прицеливание по угловым координатам производится с помощью оптического прицела.

Радиолокационные станции перехвата и прицеливания. Истребители-перехватчики, предназначенные для действия в сложных метеорологических условиях днем и ночью, когда визуальное обнаружение цели затруднено, оборудуются радиолокационными станциями перехвата и прицеливания. Эти станции в отличие от радиолокационных дальномеров выполняют две функции: обнаруживают цель после вывода истребителя наземной радиолокационной станцией в район этой цели и в период атаки точно определяют координаты цели (рис. 159).

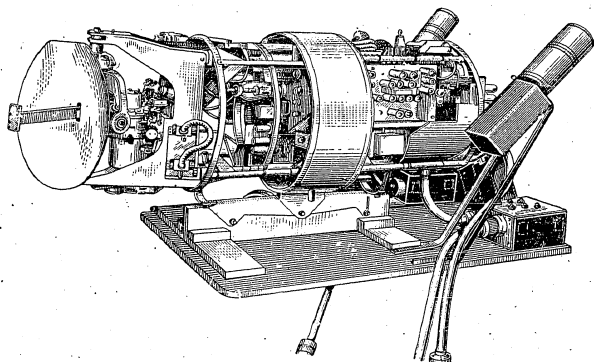


Рис. 159. Аппаратура станции перехвата и прицеливания

Дальность действия станций перехвата и прицеливания [34] может составлять несколько десятков километров. Выбор ее зависит от скорости истребителя, дальности действия его вооружения, точности работы наземных станций наведения и ряда других тактических и технических требований. При конструировании этих станций придать минимальную необходимую дальность, так как увеличение дальности ведет при прочих равных условиях к увеличению габаритов и веса аппаратуры.

Обзор в вертикальной и горизонтальной плоскостях осуществляется качанием диаграммы направленности антенны станции, при котором происходит последовательный обзор пространства в заданном телесном угле (рис. 160). Размеры сектора обзора в горизонтальной плоскости сильно зависят от точности работы наземной радиолокационной станции, обнаружения и наведения по азимуту и дальности, а в вертикальной

плоскости — от точности определения высоты цели той же станцией.

Станции этого типа имеют, как правило, схемы автоматического сопровождения цели по угловым координатам и дальности. Поэтому летчик самолета-истребителя после обнаружения цели и сближения с ней до расстояния, соответствующего дальности действия схемы автосопровождения, переводит станцию в режим автосопровождения цели, что значительно облегчает работу летчика и повышает точность определения координат цели. Относительные текущие координаты цели передаются в счетно-решающее устройство, вырабатывающее необходимые данные для прицеливания.

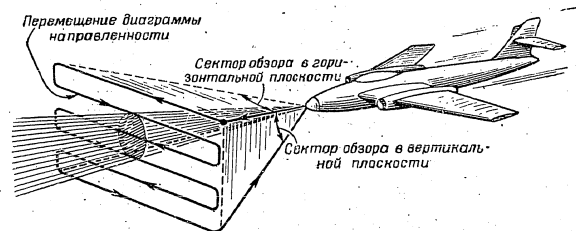


Рис. 160. Обзор пространства станций перехвата и прицеливания при поиске цели

Аппаратура самолетной станции перехвата и прицеливания конструируется с таким расчетом, чтобы максимально упростить ее настройку и управление в процессе полета. Из этих же соображений выбирается и тип индикаторного устройства таких станций. Совершенно естественно, что применение в таких станциях двух индикаторов — одного для определения дальности цели, а другого для измерения ее угловых координат — значительно усложнило бы работу летчика. Индикатор станции перехвата и прицеливания должен быть прост в обращении, а изображение на его экране должно быть наглядным и давать возможность определения всех трех координат цели относительно истребителя. Поэтому в некоторых типах станций перехвата и прицеливания применяется «трехмерный» индикатор. Возможное изображение на его экране показано на рис. 161. Положение сигнала от цели в центре экрана указывает на то, что истребитель движется точно на цель. Расположение сигнала слева или справа от центра показывает, что цель находится соответственно левее или правее курса истребителя. Аналогично, если сигнал воспроизводится выше или

ниже центра экрана индикатора, высота полета истребителя ниже или выше высоты полета цели. Таким образом, чтобы вывести истребитель на цель, летчик должен удерживать его на курсе, при котором отметка цели находится в центре экрана индикатора.

Для определения расстояния до атакуемой цели в этих станциях может использоваться метод изменения горизонтального размера воспроизводимого сигнала цели.

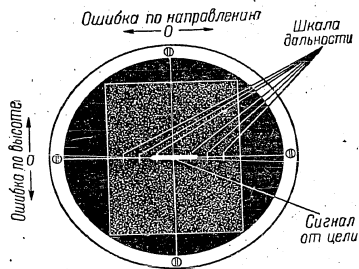


Рис. 161. Трехмерный индикатор станции перехвата и прицеливания. Положение отметки на экране указывает на расположение цели относительно линии полета истребителя, а горизонтальный размер отметки — дальность цели.

При большом удалении истребителя от цели отметка имеет небольшой горизонтальный размер, а по мере сближения истребителя с целью отметка начинает расширяться по горизонтали. На экране индикатора нанесены специальные метки, одна из которых соответствует размеру отметки цели, соответствующей дальности, на которой истребитель должен открыть огонь. Это позволяет летчику, наблюдая за экраном индикатора, не только вывести истребитель на цель, но и определить момент открытия огня.

Таков принцип использования станции перехвата и прицеливания истребителя, оснащенного стрелково-пулеметным вооружением или неуправляемыми ракетами. В тех случаях, когда истребитель вооружен управляемыми ракетами класса «воздух — воздух» [13], станция перехвата наблюдает и измеряет координаты как цели, так и выпущенной ракеты, что позволяет определять траекторию полета ракеты относительно цели и выводить ракету на цель. Выводить ракету на цель можно либо методом передачи на ракету команд, прием которых, воздействуя на рули управления, заставляет ракету двигаться по нужной траектории полета, либо методом удержания ракеты в «равносигнальной зоне», создаваемой станцией перехвата и прицеливания. С обоими методами мы познакомимся в разделе, посвященном описанию методов наведения зенитных управляемых ракет. Кроме этих методов, для наведения ракеты на цель (особенно на последнем участке их сближения) могут применяться и головки самонаведения.

Головки самонаведения ракет класса «воздух—воздух» устанавливаются в головной части ракеты и используются для автоматического наведения ракеты на цель. По принципу работы эти головки подразделяются на активные, полуактивные и пассивные. По типу используемой в них аппаратуры они могут быть радиолокационными или инфракрасными (тепловыми). Классификация и принцип их работы и устройство подробно рассматриваются в разделе, посвященном радиолокационной аппаратуре зенитных управляемых средств. Здесь мы остановимся только на описании инфракрасной головки самонаведения [12].

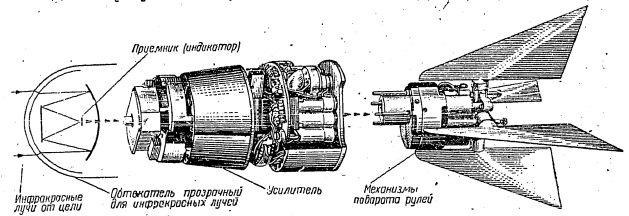


Рис. 162. Устройство инфракрасной головки самонаведения ракеты

Принцип действия инфракрасных головок самонаведения заключается в следующем. Как известно, современные реактивные самолеты выбрасывают из сопел двигателей большое количество нагретого до высокой температуры газа. Сильно нагреваются и стенки выходных элементов реактивных двигателей. Это тепло и принимают чувствительные приемные элементы головки самонаведения и выводят ракету на самолет. Устройство такой головки изображено на рис. 162. Инфракрасные лучи, излучаемые самолетом, достигают ракеты, проходят через прозрачный для тепловых лучей обтекаемый кожух головки, попадают на отражатель и фокусируются на приемном элементе, чувствительном к инфракрасным лучам. Создаваемые при этом электрические сигналы, амплитуда которых пропорциональна интенсивности принимаемых тепловых сигналов, попадают в усилитель и, пройдя через него, подводятся к системе управления и двигателям поворота рулей ракеты. Когда ракета легит на цель, рули неподвижны. Как только ракета отклоняется от направления на цель (вследствие маневра цели или случайно), принимаемый головкой самонаведения инфракрасный сигнал меняется по величине. Это изменение преобразуется схемой управления в соответствующие управляющие сигналы, которые, действуя на двигатели, поворачивают рули

так, чтобы ракета вновь получила направление на цель. Управление полетом ракеты происходит непрерывно и автоматически до тех пор, пока она не сблизится с целью на расстояние эффективного поражения, после чего боевая часть ракеты взрывается.

То, что инфракрасные головки наведения сами не излучают энергию, а используют энергию работающего двигателя самолета (почему они и отнесены к «пассивным», т. е. работающим по излучению объекта, на который осуществляется наведение), составляет определенное их преимущество: отсутствие на них передатчика существенно упрощает аппаратуру, снижает вес и габариты и исключает возможность обнаружения разведывательными приемниками.

Большое достоинство головок самонаведения состоит также и в том, что истребитель, выпустив такую ракету и убедившись в правильности ее полета, может уходить от цели, а следовательно, и из зоны действия оборонительного оружия бомбардировщика. При наведении же снарядов «воздух—воздух» методом передачи команд или методом равносигнальной зоны истребитель должен управлять их полетом практически до момента поражения цели.

Радиолокационные приемники «защиты хвоста». Кроме радиолокационных средств «нападения», истребитель может иметь еще и радиолокационные средства «обороны». К ним в первую очередь относятся радиолокационные приемники «защиты хвоста», предназначенные для предупреждения летчика о приближении со стороны хвоста истребителя самолета противника с работающей радиолокационной станцией. Установка такого приемника обусловлена тем, что летчику трудно наблюдать за боевой обстановкой в задней полусфере воздушного пространства. Работа приемника основана на приеме сигналов радиолокационной станции, установленной на приближающемся вражеском самолете. Наиболее простые приемники такого типа указывают только на приближение вражеского самолета. Более сложные приборы «защиты хвоста», рассчитанные на установку на тяжелых самолетах, могут позволить определять не только угловые координаты, но и дальность до приближающегося самолета.

Более подробно с устройством этих приборов читатель познакомится в разделе, посвященном описанию радиолокационного вооружения бомбардировщиков, на которых такая аппаратура также может устанавливаться.

Радиолокационные высотомеры малых высот. В дополнение к радиолокационным дальномерам, станциям перехвата и прицеливания и приемникам защиты хвоста самолеты-истребители могут оборудоваться радиолокационными высотомерами малых высот. Как известно, барометрические высотомеры показывают абсолютную или относительную высоту полета са-

молета, т. е. высоту относительно уровня моря или аэродрома, с которого вылетел самолет, а не относительно того участка суши, над которым летит самолёт в данный момент (рис. 163). Поэтому летчик, взлетев с одного аэродрома, для посадки на другой аэродром должен знать относительную разность высот их расположения, иначе высота полета при заходе на посадку может быть определена с ошибкой. Кроме того, точность работы барометрического высотомера зависит от погоды, а поэтому в его показания при изменении метеорологических условий должны вноситься поправки, что создает трудности при эксплуатации.

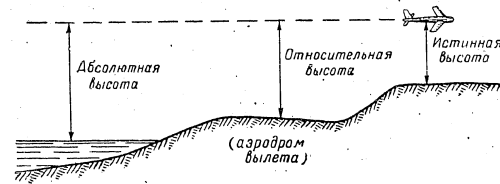


Рис. 163. Абсолютная, относительная и истинная высоты полета

Радиолокационные высотомеры, принцип действия которых основан на измерении времени, в течение которого радиосигнал проходит расстояние от самолета до земли и обратно, свободны от указанных недостатков. По этим приборам летчик может в любой момент узнать высоту полета, что особенно важно при снижении и заходе на посадку.

Радиолокационный высотомер малых высот — это станция с непрерывным излучением энергии. В нем для измерения времени распространения радиоволн в прямом и обратном направлениях, а следовательно, для измерения высоты полета используется метод изменения частоты излучаемого сигнала. Он заключается в следующем. Если частоту передатчика периодически изменять с определенной скоростью, то в приемник будут поступать два сигнала различной частоты: приходящий непосредственно от передатчика и отраженный от преграды, находящейся на пути распространения радиоволн. Частоты этих сигналов будут различными, потому что за время распространения радиоволн до отражающей преграды (в нашем случае поверхности земли или моря) и обратно частота передатчика изменится и к моменту прихода к приемнику отраженного сигнала передатчик будет работать на другой частоте. Различие в частотах будет тем значительнее, чем

больше времени затрачивается на распространение сигнала до преграды и обратно к самолету, т. е. тем больше, чем выше летит самолет. Поэтому, измеряя разность частот, можно определить расстояние до отражающего объекта, т. е. высоту полета.

В радиолокационных высотомерах разность двух частот измеряется автоматически и высота полета истребителя отсчитывается летчиком непосредственно по прибору, шкала которого проградуирована в метрах.

Простота этого метода позволяет создать относительно несложные приборы, но область их применения довольно ограничена, так как при приеме станцией группы сигналов, отраженных от нескольких объектов, находящихся в зоне облучения, определение разностных частот и расстояний до отражающих объектов усложняется. Однако использование этого метода в радиолокационных высотомерах, когда отражающим объектом служит только поверхность суши или моря, вполне оправдано.

Для высотомеров малых высот метод измерения расстояния при непрерывном излучении энергии имеет ряд преимуществ перед импульсным методом. Он позволяет сократить минимальную дальность действия станции и добиться высоких точностей измерения высоты полета при сравнительно несложной схеме прибора.

Кроме вышеперечисленных радиолокационных станций, на истребителях, как и на самолетах других типов, устанавливаются радиолокационные ответчики системы опознавания государственной принадлежности самолетов.

С принципом действия системы опознавания и методами ее тактического использования мы познакомимся несколько ниже.

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА СТОЛЬНОЙ ЗЕНИТНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

В соответствии с назначением радиолокационные средства зенитной артиллерии можно подразделить на три группы: станции целеуказания (называемые иногда станциями тактического звена), станции орудийной наводки и радиолокационные взрыватели зенитных снарядов.

Станции целеуказания используются в зенитной артиллерии для информации о воздушной обстановке в обороняемом районе и наведения станций орудийной наводки зенитной артиллерии на цели, приближающиеся к огненным позициям зенитных батарей. Круглосуточного дежурства эти станции, как правило, не несут; они включаются в боевую работу только после того, как станции дальнего обнаружения обнаружили цели, летящие к охраняемым объектам.

296

Конструктивно станции целеуказания во многом аналогичны станциям обнаружения и наведения. Они снабжены индикатором кругового обзора, на экране которого воспроизводится картина общей воздушной обстановки в районе расположения станции. Это позволяет распределить огонь зенитных батарей так, чтобы нарушить замысел воздушного противника. Дальность действия станций целеуказания выбирается, исходя из дальности действия станций орудийной наводки и их размещения на местности, так, чтобы создавался запас времени, необходимый для принятия решения и «передачи» цели станциям орудийной наводки на их предельной дальности действия. Практически дальность действия этих станций по целям, обладающим эффективной отражающей площадью средних размеров и летящим на средних и больших высотах, может составлять 100 км и более.

Точность работы станций целеуказания по всем трем координатам должна быть такой, чтобы станции орудийной наводки могли надежно «поймать» цель.

Один из основных параметров, определяющих качество работы станций целеуказания,— разрешающая способность: чем она выше, тем точнее и увереннее станция указывает цель, по которой следует вести огонь, и тем лучше можно распределить цели между зенитными батареями.

Для удобства работы в станциях целеуказания могут применяться несколько индикаторов кругового обзора и определения высоты, причем часть из них может устанавливаться непосредственно на командном пункте зенитно-артиллерийской части. Сигналы целей и импульсы синхронизации линии развертки по времени запуска и положению подводятся к таким индикаторам из радиолокационной станции целеуказания по специальному кабелю.

Индикаторы, устанавливаемые вне радиолокационной станции, часто называют «вынесенными». Наличие на командном пункте вынесенного индикатора кругового обзора сокращает время обнаружением целей станцией целеуказания и принятием решения об их распределении между станциями орудийной наводки, так как командир, управляющий боем, может наблюдать за воздушной обстановкой непосредственно по экрану индикатора.

Станции орудийной наводки. Для точного определения координат воздушной цели и непосредственного управления огнем зенитных орудий используются радиолокационные станции орудийной наводки. Такая станция представляет собой сложное радиотехническое устройство, определяющее координаты самолетов с точностью, превышающей точность оптических приборов.

Станции орудийной наводки имеют два режима работы: поиска и сопровождения цели. Первый режим применяется

297

при поиске целей, примерные координаты которых, как правило, указываются станцией целеуказания. Для облегчения поиска цели антенна станции в большинстве случаев перемещается в горизонтальной и вертикальной плоскостях, последовательно просматривая всю зону, в которой может находиться цель (рис. 164). В ряде станций для поиска целей применяется отдельный радиоканал, обладающий более широкой диаграммой излучения. Так, например, ширина диаграммы направленности канала поиска у американской станции оружейной наводки SCR-545 составляет 25° , а канала сопровождения — 5° .

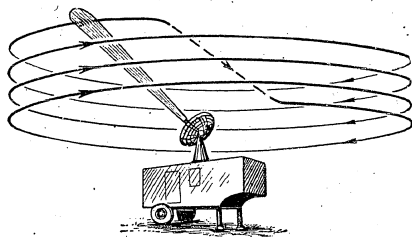


Рис. 164. Один из применяемых в станциях оружейной наводки методов обзора пространства при поиске целей

После того как цель обнаружена, станция оружейной наводки переводится в режим сопровождения цели. При этом текущие координаты цели определяются ручным, полуавтоматическим или автоматическим способом. Срединная ошибка определения дальности при сопровождении цели составляет около 20 м, угловых координат — 1—2 тысячных дистанции. Максимальная дальность сопровождения цели — несколько десятков километров. Выбирается она в зависимости от дальности стрельбы зенитных орудий с таким расчетом, чтобы цель была встречена огнем батарей на предельной дальности эффективной стрельбы. Поэтому дальность обнаружения и сопровождения целей бывает различной для станций оружейной наводки батарей малого, среднего и крупного калибров.

Чтобы получить необходимую точность работы и высокую разрешающую способность, станции оружейной наводки работают обычно в сантиметровом диапазоне волн.

В большинстве из них для достижения требуемой точности определения угловых координат целей применяется метод создания так называемой «равнозначной зоны».

он в следующем. Излучатель радиоволн антенны станции устанавливается не на геометрической оси параболического отражателя антенной системы (рис. 165), а несколько сбоку от нее. Поэтому максимум диаграммы направленности антенны оказывается несколько смещенным относительно геометрической оси и составляет с ней угол в несколько градусов. При вращении излучателя вокруг геометрической оси отражателя

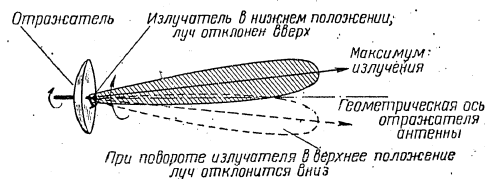


Рис. 165. Принцип создания равнозначной зоны

антенны вокруг этой оси вращается и диаграмма излучения, последовательно занимая верхнее, правое, нижнее и левое положения. Верхнее и нижнее положения диаграммы направленности антенны используются для определения положений цели в вертикальной плоскости (по углу места), а правое и левое — для определения положения цели в горизонтальной плоскости (по азимуту).

Рассмотрим вначале, как определяется угол места цели. Для простоты примем, что направление на цель не совпадает с геометрической осью отражателя антенны (рис. 166) и антенна направлена ниже цели. Тогда при вращении диаграммы

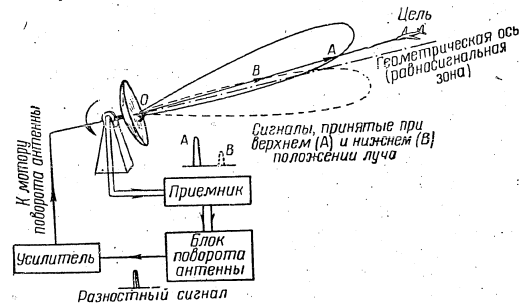


Рис. 166. Принцип сопровождения цели по углу места

направленности в приемник будут поступать различные по интенсивности отраженные сигналы — большие при верхнем положении диаграммы направленности и небольшие при нижнем положении (амплитуда сигналов пропорциональна величине отрезков OA и OB). Это явление и используется для перемещения антенны в направлении на цель. Приходящие сигналы усиливаются, вычитаются один из другого, и разностный сигнал используется для управления работой двигателя вращения антенны по углу места. Антенна начинает подниматься вверх, в результате чего сигнал, соответствующий верхнему положению диаграммы направленности, начинает уменьшаться, а сигнал, соответствующий нижнему положению диаграммы, — увеличиваться; разностный сигнал при этом уменьшается, и скорость вращения антенны постепенно падает. Как видно из рис. 166, при совпадении геометрической оси с направлением на цель сигналы, принимаемые при двух крайних положениях излучателя, окажутся равными. Отсюда и происходит название — «метод равносигнальной зоны». При совпадении направления на цель с равносигнальной зоной величина разностного сигнала будет равна нулю и вращение антенны в вертикальной плоскости прекратится.

При перемещении цели и ее отклонении от геометрической оси вновь возникает рассогласование и антенна снова переместится в направлении на цель, причем направление вращения антенны будет зависеть от того, какой из сигналов больше — принимаемый при нижнем или верхнем крайнем положении диаграммы направленности.

Аналогично, используя левое и правое положения диаграммы направленности, схема автоматического сопровождения выделяет сигнал рассогласования (разностный сигнал) направления на цель и геометрической оси антенны в горизонтальной плоскости. Использование этих сигналов для управления работой второго двигателя, поворачивающего антенну в горизонтальной плоскости, обеспечивает слежение за целью по азимуту.

Таким образом, подачей преобразованных принимаемых радиолокационной станцией отраженных сигналов на электродвигатели горизонтального и вертикального вращения антенны достигается автоматическое сопровождение цели по угловым координатам и определение ее текущих координат. При этом оператор только выбирает цель и включает автомат сопровождения — дальнейшее определение угловых координат происходит без участия расчета станции. Попутно укажем, что многие типы современных радиолокационных станций орудийной наводки имеют также схемы автоматического сопровождения и по дальности, благодаря чему полностью автоматизируется определение всех трех координат целей.

Определяемые станцией орудийной наводки текущие коор-

динаты цели непрерывно и автоматически вводятся в прибор управления артиллерийским зенитным огнем (ПУАЗО), где вырабатываются упрежденные координаты цели и данные для установки орудий. Эти данные с помощью силовой синхронной передачи передаются на орудия.

Однако не всегда аппаратура станции орудийной наводки монтируется отдельно от орудия.

В соответствии с калибром зенитных пушек, обслуживаемых станциями орудийной наводки, последние имеют различную дальность обнаружения и сопровождения целей, точность

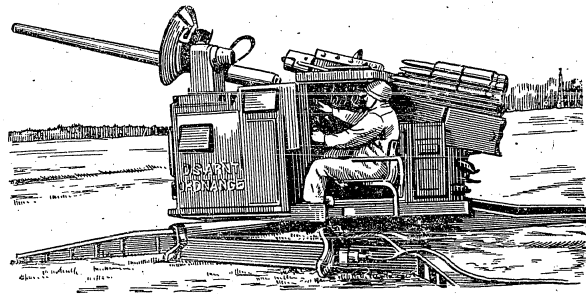


Рис. 167. Артиллерийская установка, объединяющая на одной лафете радиолокационную станцию, счетно-решающее устройство и орудие

определения координат, скорость вращения антенного устройства. Это в свою очередь влияет на конструкцию станции, мощность ее передатчика, размеры антенны.

Так, станции орудийной наводки, входящие в состав зенитно-артиллерийских батарей крупного и среднего калибров, представляют собой довольно большие установки, размещаемые обычно на отдельных автомобильных прицепах. Для станций же орудийной наводки малокалиберной зенитной артиллерии не требуется много места, они устанавливаются иногда на одном лафете с орудием (рис. 167).

При приближении неприятельских самолетов к району, обслуживаемому зенитно-артиллерийской частью или подразделением, расчет станции в соответствии с указаниями, поступающими с командного пункта, включает станцию. Затем, получив данные о координатах цели, которую должна обстрелять и уничтожить зенитная батарея, расчет производит поиск в заданном секторе и, обнаружив нужную цель, переводит станцию

в режим сопровождения. Наблюдая за работой станции, расчет обеспечивает уверенное сопровождение и определение координат цели в течение всего периода стрельбы батарей, вплоть до уничтожения цели или выхода ее из зоны огня. После этого станция переводится на поиск и сопровождение следующей цели.

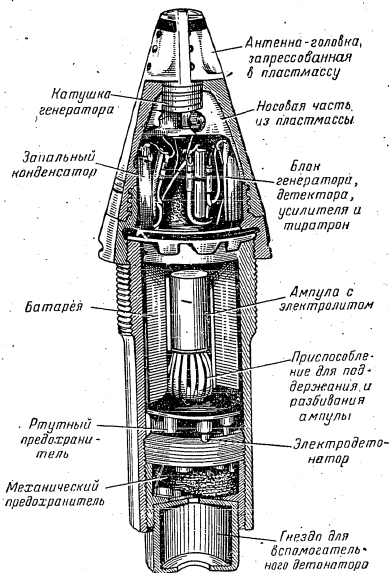


Рис. 168. Радиолокационный взрыватель типа VT

Радиолокационные взрыватели снарядов применяются для автоматического разрыва снаряда в момент его пролета около воздушной цели. Использование взрывателя устраняет возможность недолетного или перелетного разрыва снаряда, которая вполне вероятна при применении дистанционного взрывателя, и повышает тем самым эффективность стрельбы.

Радиолокационный взрыватель представляет собой сверхминиатюрную радиолокационную станцию, размещаемую в снаряде вместе с источником питания (рис. 168). Как и в

обычной радиолокационной станции, передатчик взрывателя излучает радиоволны, которые, отразившись от самолета, воспринимаются приемником, усиливаются и приводят в действие запальное устройство взрывателя.

Некоторые радиолокационные взрыватели работают в режиме непрерывного излучения и используют для регистрации отраженного сигнала изменение частоты сигнала, возникающее при его отражении от движущегося предмета (эффект Доплера). В этом случае приемник взрывателя при приближении снаряда к цели принимает, кроме сигнала, излучаемого передатчиком, второй сигнал, отраженный от цели, причем частота последнего вследствие быстрого приближения снаряда к цели больше частоты сигнала передатчика. В результате взаимодействия этих двух сигналов в приемнике взрывателя возникает сигнал низкой частоты, который после усиления приводит в действие запальное устройство взрывателя и подрывает снаряд.

При значительном удалении снаряда от цели отраженный сигнал имеет малую интенсивность и амплитуда результирующего сигнала низкой частоты недостаточна для приведения в действие запального устройства. По мере приближения снаряда к цели амплитуда результирующего сигнала возрастает и в некоторый момент времени достигает величины, при которой срабатывает запальное устройство. Таким образом, зенитный снаряд автоматически подрывается при приближении к цели на расстояние, при котором осколки обладают поражающим действием.

Применение зенитно-артиллерийских снарядов с радиолокационными взрывателями упрощает подготовку и ведение стрельбы, так как в этом случае дистанционный взрыватель не надо устанавливать в положение, соответствующее расстоянию от орудия до цели.

Для безопасности работы со снарядами, имеющими радиолокационные взрыватели, и исключения преждевременных их разрывов аппаратура взрывателей включается только после выстрела. Естественно, что радиолампы, применяемые во взрывателях, и весь монтаж должны быть очень прочными и выдерживать возникающие при стрельбе динамические перегрузки без нарушения нормального режима работы.

Радиолокационные средства наведения прожекторов. Зенитные прожекторы используются в войсках ПВО для освещения вражеских самолетов в ночном бою. Это облегчает летчику истребителя обнаружение вражеского самолета и дает возможность вести зенитную артиллерийскую стрельбу с помощью оптических приборов.

В начале второй мировой войны для обнаружения самолетов и наведения на них прожекторов применялись звукоулавливатели. Однако уже в первые годы войны с ростом скоро-

стей самолетов от звукоулавливателей пришлось отказаться, так как они стали работать с большими ошибками и не давали возможности точно определить координаты цели и внезапно осветить ее световым лучом. Поиск же и обнаружение скоростных самолетов непосредственно световым лучом — практически безнадежное дело.

Поэтому для наведения прожекторов уже с первых лет освоения радиолокационной техники стали применять радиолокационные станции, размещая их в непосредственной бли-

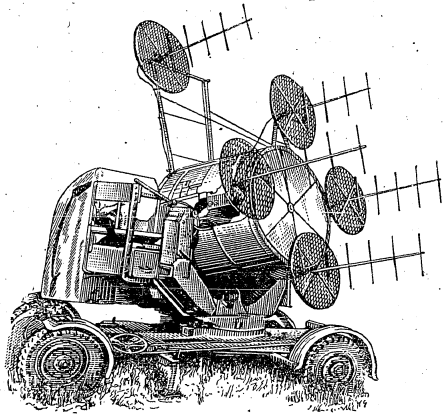


Рис. 169. Радиопрожекторная станция

зости от обслуживаемых прожекторов или конструктивно объединяя с последними. Такие объединенные станции стали называть радиопрожекторными станциями, или радиопрожекторами (рис. 169).

Радиолокационная аппаратура такой станции осуществляет поиск цели и наведение прожектора в нужную точку пространства, а прожектор освещает цель. Дальность действия аппаратуры должна быть достаточной для освещения цели на предельной дальности светового луча прожектора, а точность наводки прожектора — достаточной для освещения цели «с выстрела», т. е. в первый же момент включения светового луча,

чтобы летчик не успел применить контрманевр для вывода самолета из луча прожектора.

Современная радиолокационная аппаратура радиопрожекторных станций имеет необходимые дальность действия и точность; эффективность применения таких прожекторов определяется в первую очередь характеристиками их светового луча.

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА НАВЕДЕНИЯ ЗЕНИТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СНАРЯДОВ

В войсках ПВО ряда стран радиолокационная аппаратура используется также и для наведения на цели зенитных управляемых реактивных снарядов (ракет), выпускаемых с земли по воздушным целям (так называемые снаряды класса «земля — воздух»). Можно с полным основанием утверждать, что применение управляемых снарядов без радиолокации невозможно.

Одно из основных преимуществ стрельбы реактивными управляемыми снарядами класса «земля — воздух» по сравнению со стрельбой ствольной зенитной артиллерии заключается в том, что реактивные снаряды этого класса управляются практически в течение почти всего периода их полета, благодаря чему их можно наводить на цель путем последовательного корректирования направления полета. Это, естественно, значительно повышает эффективность стрельбы, особенно по скоростным высотным целям, когда полетное время снаряда измеряется десятками секунд и цель за время полета зенитного снаряда может переместиться выше чем на 20—30 км. Особенно большое значение приобретает стрельба зенитными реактивными снарядами по маневрирующей цели.

Создание и применение таких снарядов неразрывно связано с развитием радиолокационной техники и электронных вычислительных машин управления. Контроль за полетом зенитных управляемых ракет и управление ими требуют непрерывного и точного определения координат воздушной цели и ракеты, исключительно быстрого вычисления траекторий их полета для расчета необходимых поправок и передачи команд управления на ракету.

Современные методы наведения зенитных управляемых реактивных снарядов на цель можно подразделить на два основных типа: метод наведения непосредственно на цель и метод наведения в упрежденную точку.

Первый метод — наиболее простой. При нем направление полета ракеты в любой момент времени совпадает с линией радиолокационной станции наведения — цель. Траектория полета ракеты, наводимой на прямолинейно и горизонтально летящий самолет, имеет в этом случае форму, изображенную

на рис. 170. Система наведения и управления полетом удерживает ось ракеты на линии ракета — цель. Рассматриваемый метод, подкупающий своей простотой, имеет и существенные недостатки: на последнем участке траектории полета реактивного снаряда возникают очень большие угловые ускорения, а следовательно, и перегрузка снаряда, усложняющая поражение свободно маневрирующей цели.

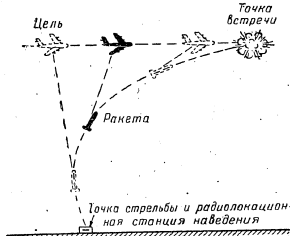


Рис. 170. Траектория полета реактивного снаряда при наведении на цель

торы управления зенитным огнем по данным приборов наблюдения определяют точку встречи исходя из данных о движении цели и баллистических характеристик снаряда. Однако эффективность стрельбы ствольной зенитной артиллерии по маневрирующим и высоко летящим целям невысока вследствие невозможности изменить траекторию полета снаряда с учетом маневра цели после выстрела. При использовании же зенитных управляемых реактивных снарядов траектория полета снаряда корректируется в полете.

Траектория полета реактивного снаряда, наводимого в упрежденную точку, показана на рис. 171. Ось снаряда в каждый момент времени направлена не

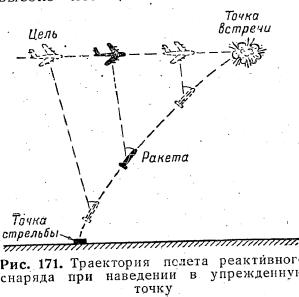


Рис. 171. Траектория полета реактивного снаряда при наведении в упрежденную точку

на цель, а в расчетную точку встречи, положение которой в процессе полета цели и снаряда может изменяться.

Для управления полетом снарядов согласно описанным методам могут применяться различная радиолокационная аппаратура и разные способы контроля и передачи команд. В частности, могут применяться самонаведение, наведение с помощью передачи команд управления с наземных станций, наведение по лучу (по равносигнальной зоне).

Аппаратура самонаведения [20]. Аппаратуру самонаведения принято подразделять на три типа. К аппаратуре первого типа относятся радиолокационные головки, самонаведения, представляющие собой небольшую бортовую радиолокационную станцию, имеющую передатчик, приемник и аппаратуру, вырабатывающую на основе принятых отраженных от цели сигналов команды управления, передаваемые с помощью силовой передачи на рули управления ракеты. Устанавливается аппаратура обычно в головной части ракеты. Благодаря такой аппаратуре ракета может самостоятельно, без помощи наземной радиолокационной аппаратуры, выходить на цель. Метод боевого применения управляемых ракет заключается в следующем. Командир подразделения, получив от станций дальнего обнаружения и целеуказания (которые часто называются тактическими радиолокационными станциями) сообщение о приближении вражеского самолета к позиции зенитно-реактивной батареи и имея указание об открытии огня, определяет с помощью батарейной радиолокационной станции сопровождения координаты цели и наводит стартовую установку на цель. Затем в определенный момент времени и под определенным углом производится запуск ракеты. Если дальность действия головки самонаведения окажется недостаточной для автономного наведения ракеты непосредственно с места ее пуска, ракета наводится на цель на начальном участке траектории с помощью наземной станции, пока расстояние между самолетом и ракетой не уменьшится до величины, при которой возможно самонаведение. После этого управление полетом с наземного пункта прекращается и ракета переходит в режим самонаведения, в течение которого головка самонаведения самостоятельно следит за целью и вырабатывает команды управления, уточняющие траекторию полета.

Головки самонаведения, имеющие в своем составе передатчик и приемник и самостоятельно облучающие цель; часто называются «активными», так как они излучают энергию.

Однако такие головки, содержащие в себе радиолокационную станцию, дальность действия которой может достигать десятки и более километров, довольно сложны и имеют относительно большие габариты и вес. Велика и стоимость такой аппаратуры; это также приходится принимать во внимание,

учитывая, что ракета и аппаратура — оружие разового действия.

Поэтому на ракете может устанавливаться только приемная часть, а передатчик, облучающий цель и создающий отраженные сигналы, размещается на земле (рис. 172). Головки самонаведения такого типа имеют в своем составе только аппаратуру для приема отраженных сигналов, создаваемых за счет облучения цели дополнительной радиолокационной станцией. Их называют «полуактивными» головками самонаведения.

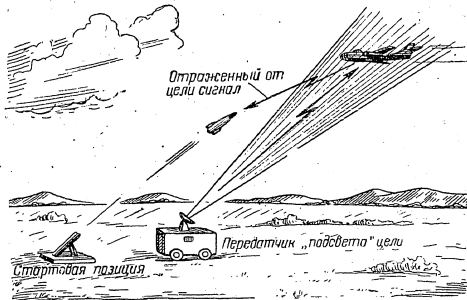


Рис. 172. Принцип действия головки самонаведения при облучении цели с земли

Познакомимся кратко с устройством и принципом работы таких головок. В передней части ракеты, под обтекателем из радиопрозрачного материала, помещается антенна, состоящая из параболического отражателя, в фокальной плоскости которого находится приемный вибратор антенны (рис. 173). При вращении такого вибратора диаграмма направленности антенны образует равносигнальную зону, совпадающую с геометрической осью антенны и корпуса ракеты. Поэтому, когда ракета летит точно на цель, сигналы, принимаемые головкой самонаведения ракеты при различных положениях вращающегося вибратора, будут одинаковы. При отклонении же направления на цель от равносигнальной зоны эти сигналы не будут равны. Головка самонаведения выработает сигнал рассогласования, который в виде команд управления поступит на вертикальные и горизонтальные рули ракеты и изменит их положение так, чтобы ракета двигалась точно на цель.

308

Боевая работа при применении управляемых зенитных снарядов с полуактивными головками самонаведения в некоторой мере аналогична боевой работе при применении активных головок. Основная разница между этими двумя методами заключается в том, что в первом случае наземная станция должна облучать цель вплоть до приближения к ней ракеты на дальность эффективного поражения, а во втором случае облучения цели после запуска ракеты может вообще не потребоваться.

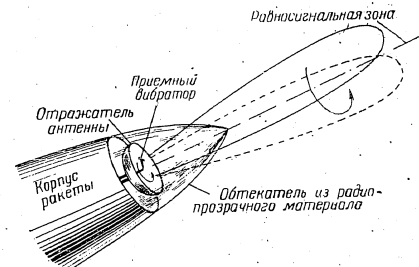


Рис. 173. Создание равносигнальной зоны в полуактивной головке самонаведения

Если самолет противника выйдет из луча наземной радиолокационной станции, ракета с полуактивной головкой самонаведения потеряет цель и собьется с нужного курса.

При конструировании полуактивных головок самонаведения стремятся максимально упростить их, сохранив высокую надежность действия. Так, например, для получения равносигнальной зоны можно применить не вращающийся приемный вибратор (для вращения которого требуются электродвигатель и система передачи), а четыре неподвижных вибратора.

Наконец, к третьему типу относятся пассивные головки. Они принимают энергию, излучаемую непосредственно целью, на которую наводится реактивный снаряд. С принципом действия такой инфракрасной головки самонаведения мы уже познакомились в разделе, посвященном описанию радиолокационного вооружения самолетов-истребителей. Пассивные головки самонаведения могут работать и на принципе приема радиосигналов цели. Однако в этом случае необходимо, чтобы во время атаки работала радиоаппаратура атакуемого объекта и была известна рабочая частота этой аппаратуры. Если аппаратура выключится, атака цели не удастся.

309

В качестве источника питания для головок самонаведения управляемых снарядов обычно применяются аккумуляторные батареи с преобразователями тока.

Аппаратура самонаведения работает чаще всего по методу непосредственного наведения ракеты на цель. Однако она может использоваться и для наведения ракеты в упрежденную точку, если приборы самонаведения, помимо определения направления на цель, будут определять также и угловую скорость изменения этого направления и своевременно доворачивать снаряд.

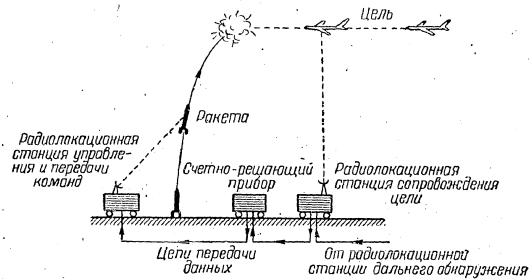


Рис. 174. Принцип наведения методом передачи команд с наземного пункта

Наведение при помощи передачи команд с наземных станций осуществляется следующим способом (рис. 174). Одна радиолокационная станция непрерывно следит за целью, а другая — за снарядом. Определяемые станциями точные координаты цели и управляемого снаряда автоматически вводятся в счетно-решающий прибор (обычно электронно-вычислительную машину). Обладая исключительно большой скоростью вычислений — в несколько тысяч операций в секунду, эти машины позволяют своевременно определить нужную траекторию полета реактивного снаряда.

Полученные таким образом данные о реальной и требуемой траектории полета ракеты поступают в виде команд управления на радиолокационную станцию управления или радиосвязную станцию передачи команд, передаются на ракету и, действуя на рули управления, обеспечивают вывод ракеты на нужный курс. На конечном участке траектории полета снаряд может перейти на полуавтономное самонаведение, реагируя на отраженные от цели сигналы наземной станции сопровождения.

310

Оборудованне, устанавливаемое на ракете, при этом методе значительно дешевле головки автономного самонаведения; однако наземное радиоэлектронное оборудование сильно усложняется.

Метод наведения с помощью двух наземных радиолокационных станций применяется обычно для наведения снаряда в упрежденную точку. При наведении снаряда непосредственно на цель можно в ряде случаев применять одну радиолокационную станцию.

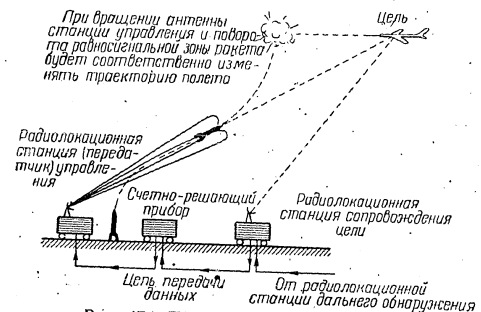


Рис. 175. Принцип наведения по лучу

Принцип действия системы наведения по лучу (рис. 175) состоит в том, что сигналы управления и необходимые команды на изменение курса выработываются в самом управляемом снаряде, а с наземного пункта управления, при помощи узконаправленного радиолуча задается лишь траектория, по которой должен двигаться реактивный снаряд.

Наземное оборудование поста управления состоит в этом случае, как правило, из двух радиолокационных станций: сопровождения цели и контроля за полетом реактивного снаряда.

Работой станции контроля управляет станция сопровождения через счетно-решающий прибор.

Станция контроля имеет антенну, аналогичную антеннам станций оружейной наводки, и создает в пространстве диаграмму направленности с равносигнальной зоной. Такую же диаграмму направленности может иметь и вторая станция. Благодаря этому станция сопровождения может определять координаты цели с высокой точностью, а станция контроля — вести снаряд вдоль равносигнальной зоны. Для выполнения последней задачи на задних кромках стабилизаторов снаряда

311

устанавливаются четыре приемные антенны, соединенные с аппаратурой управления полетом снаряда, в которой принимаемые антеннами сигналы усиливаются и превращаются в мощные сигналы управления, подводимые к механизмам поворота рулей.

Если снаряд движется вдоль равносигнальной зоны, принимаемые антеннами сигналы одинаковы по величине и команды в механизме поворота рулей не поступают (рис. 176). При случайном отклонении снаряда от равносигнальной зоны или при изменении направления равносигнальной зоны, вызванном поворотом антенны станции контроля в связи с перемещением цели, эти сигналы становятся различными по вели-

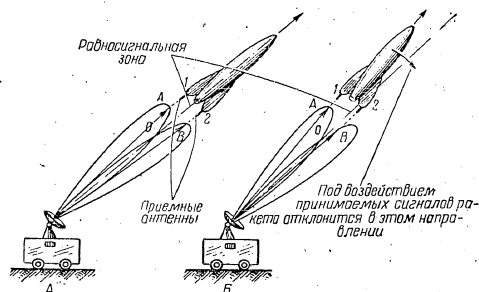


Рис. 176. Движение ракеты вдоль равносигнальной зоны: А — ракета движется вдоль равносигнальной зоны; сигналы, принимаемые антеннами 1 и 2 (рис. 176, А), равны между собой. Как только ракета отклоняется от этой зоны, сигналы, принимаемые антенной 1, становятся отличными от сигналов, поступающих на антенну 2 (рис. 176, Б). В связи с разностью этих сигналов возникает сигнал управления, который подается на рули, и снаряд поворачивается таким образом, чтобы принимаемые сигналы снова приобрели одинаковую амплитуду, что будет в том случае, когда ракета вновь выйдет на равносигнальную зону.

чине. Сказанное поясняется рисунком 176. Когда ракета летит вдоль равносигнальной зоны, сигналы, принимаемые антеннами 1 и 2 (рис. 176, А), равны между собой. Как только ракета отклоняется от этой зоны, сигналы, принимаемые антенной 1, становятся отличными от сигналов, поступающих на антенну 2 (рис. 176, Б). В связи с разностью этих сигналов возникает сигнал управления, который подается на рули, и снаряд поворачивается таким образом, чтобы принимаемые сигналы снова приобрели одинаковую амплитуду, что будет в том случае, когда ракета вновь выйдет на равносигнальную зону.

Указанная система управления полетом реактивных снарядов обеспечивает высокую скорострельность, так как по радиолучу станции контроля полетом одновременно может быть

направлено несколько ракет. Это свойство системы в некоторых случаях приобретает большое значение, так как при этом повышается вероятность поражения цели.

Заканчивая описание методов наведения зенитных реактивных снарядов на воздушные цели, укажем, что снаряды могут иметь радиовзрыватели, которые обеспечивают подрыв снаряда при его приближении к цели на определенное расстояние.

Средства передачи, обработки и воспроизведения данных, получаемых от радиолокационных станций. Как следует из предыдущих разделов, эффективность боевого применения различного вооружения войск противовоздушной обороны сильно зависит от работы приданных этому вооружению или органически входящих в его состав радиолокационных средств — станций орудийной наводки зенитной артиллерии, средств наведения зенитного реактивного оружия, наземных станций наведения истребителей, станций перехвата и прицеливания истребителей и т. д..

Взаимодействие описанных выше радиолокационных средств схематически изображено на рис. 177. Как следует из этой

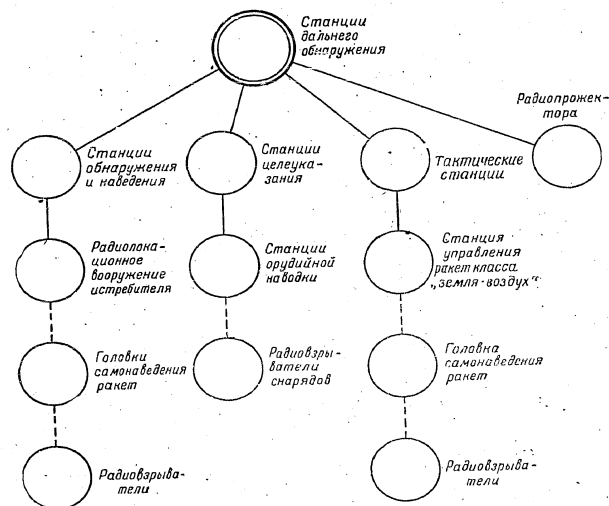


Рис. 177. Взаимодействие радиолокационных средств ПВО

схемы, все радиолокационные средства непосредственного управления работой боевых средств на начальном этапе или в течение всего боя используют информацию, получаемую от наземных радиолокационных станций обнаружения воздушных целей. Данные станций обнаружения используются также для предварительного оповещения о появлении воздушного противника и для информации командиров частей и соединений ПВО о воздушной обстановке в процессе боя.

В связи с этим большое значение приобретают скорость и точность передачи данных о положении воздушных целей от станций обнаружения к потребителям информации — на командные пункты частей и соединения истребительной авиации, зенитной артиллерии и зенитных реактивных частей, а также доведение этой информации в виде команд целеуказания до радиолокационных станций различного тактического назначения.

Если учесть, что радиолокационные станции могут располагаться на десятки и сотни километров одна от другой и от боевых позиций активных средств ПВО, то становится понятной вся сложность своевременной и точной передачи данных.

Большое значение приобретает и обработка выдаваемых станциями данных: без предварительной фильтрации сообщений, отсеивания ненужной информации, опознавания своих самолетов и выявления противника данные, поступающие от радиолокационных станций, не могут быть использованы. Простой расчет показывает, что если в зоне действия каждой станции находится только 10 целей, то на пункт сбора донесений уже от 5 станций, антенны которых вращаются со скоростью 6 об/мин, будет поступать 300 донесений в минуту!

Поэтому для обработки данных радиолокационных станций обнаружения уже в период второй мировой войны на командных пунктах ПВО армий ряда стран создавались своеобразные «фильтрующие центры», отсеивающие ненужную или запоздалую информацию.

В настоящее время для этой цели в ряде стран используются быстродействующие электронные счетные вычислительные машины.

Электронная вычислительная машина. Современные электронные вычислительные машины представляют собой весьма сложные радиотехнические устройства, состоящие из тысяч радиоламп, полупроводниковых приборов, «запоминающих» элементов, сопротивлений и конденсаторов. Обладая высокой скоростью, точностью и надежностью вычисления самых сложных математических задач, такие машины способны выполнить в одну секунду несколько тысяч арифметических действий и заменить труд десятков тысяч вычислителей. Эти машины особенно ценны при обработке данных о воздушной обстановке, которая может быть чрезвычайно сложной и, как пра-

вило, очень быстро изменяется. Машина принимает данные, поступающие от множества источников информации, сравнивает их между собой, отсеивает ложную или запоздалую информацию, отбирает нужные данные и воспроизводит всю картину воздушной обстановки на экранах электронно-лучевых трубок постов управления через несколько секунд после прихода данных от радиолокационных станций (рис. 178).

Однако этим не ограничиваются функции вычислительной машины. Исходя из конкретных условий воздушной обстановки, положения и направления маршрутов самолетов противника; а также расположения сил противовоздушной обороны, машина оценивает возможные варианты боя и предлагает командиру, руководящему боем, несколько решений об отражении воздушного налета. Командир, оценив все предлагаемые решения, выбирает из них одно, по его мнению, наиболее правильное при данной обстановке, и отдает приказание.

Выполняя все эти сложные операции, машина остается все же, хотя и сверхбыстродействующим, но только вычислительным, а не «мыслящим» устройством: она действует по программе, разработанной и введенной в нее заранее человеком.

Познакомимся более подробно с действием электронных вычислительных машин на примере их применения в системе ПВО американского континента.

Поступающие в машину по различным каналам связи (радио, проводные линии) данные радиолокационных станций обнаружения мгновенно «запоминаются» специальными быстродействующими запоминающими устройствами.

Схема машины устроена таким образом, что любая поступающая информация не только запоминается, но и сравнивается с данными, полученными раньше. При этом определяется, получены ли данные о новой цели или это новые данные о какой-либо из старых целей. Так, если данные почти совпадают и изменение азимута и дальности можно объяснить движением цели, то машина «присоединяет» эти данные к ранее записанным данным об этой цели и использует их для определения ее курса и скорости. Если же полученные данные не подходят к ранее записанным, машина обозначает эту цель как новую.

Получив несколько последовательных сообщений о различных целях, машина способна после расчетных операций сообщить данные о курсе, высоте и скорости цели. В дальнейшем по мере поступления информации машина уточняет вырабатываемые данные о целях.

Одновременно машина указывает государственную принадлежность обнаруженных самолетов, используя для этого сигнал опознавания или дополнительную, заранее введенную в машину информацию.

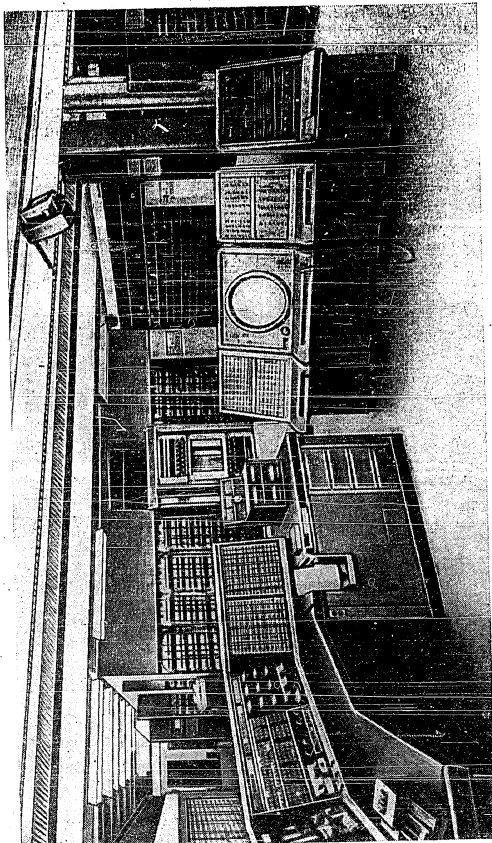


Рис. 178. Электронная вычислительная машина

Отфильтрованная информация о самолетах противника поступает в следующие элементы машины и затем воспроизводится на электронном планшете командира, принимающего решение о том, какие средства ПВО следует ввести в действие для уничтожения воздушной цели.

Каждая цель обозначается светящейся стрелкой, идущей от светящейся точки, которая указывает положение цели. Направление стрелки и ее длина указывают соответственно курс и скорость цели. Одновременно с этим около каждой стрелки воспроизводятся несколько светящихся букв и цифр, указывающих основные параметры цели: ее номер, высоту полета, количество самолетов в группе и другие характеристики.

На этом же планшете, основной частью которого является специальная электронно-лучевая трубка, изображаются основные ориентиры на местности, расположение своих аэродромов, позиций зенитной артиллерии и зенитных реактивных установок и зоны их действия.

Электронные машины не только анализируют данные о воздушных целях. Высокая скорость обработки поступающих данных позволяет им быстро определить время, требующееся на подъем истребителей, набор ими высоты и выход в точку перехвата. Задача эта решается применительно к различным аэродромам истребительной авиации. Результаты вычислений воспроизводятся на экране электронного индикатора, на котором указывается положение точек перехвата обнаруженной цели при использовании против нее истребителей, базирующихся на разных аэродромах. Эти точки обозначаются той же буквой, что и соответствующий аэродром, из которого можно организовать перехват. Одновременно в месте расположения аэродрома на экране появляется светящаяся стрелка, указывающая, каким курсом должен лететь истребитель в точку перехвата и время, за которое он достигнет этой точки. Машина определяет и указывает также зенитно-артиллерийские или реактивные части, через огневые зоны которых пройдет курс вражеского самолета.

Данные, вырабатываемые машиной, используются на командном пункте для управления средствами ПВО.

Применение электронных вычислительных машин значительно облегчает и ускоряет обработку данных, поступающих от радиолокационных станций обнаружения, и принятие решения об уничтожении воздушной цели, что очень важно для организации борьбы со скоростными воздушными целями.

В заключение следует отметить, что для своевременного получения информации от радиолокационных станций требуется хорошо организованная, надежно действующая связь.

ГЛАВА XIII

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И ИНФРАКРАСНЫЕ
СРЕДСТВА ВОЕННО-МОРСКИХ СИЛ

На кораблях, подводных лодках, самолетах морской авиации и в береговых частях современных военно-морских сил широко используются радиолокационные станции самого различного тактического назначения. Радиолокационные средства в настоящее время стали основными средствами сбора данных о воздушной и надводной обстановке и управления оружием.

Развитие радиолокационной техники оказало большое влияние на тактику боевых действий на морских просторах. Изменились методы использования морских сил не только в условиях малой оптической видимости (ночью, в туманную погоду, при дымовых завесах), но и в светлое время суток, при хороших условиях оптического наблюдения за кораблями и авиацией противника. Возросли дальности обнаружения боевых и транспортных кораблей. Увеличилась дальность эффективного артиллерийского огня и торпедной стрельбы. Появилась возможность применения на кораблях управляемого реактивного оружия. Уменьшилась вероятность внезапного нападения военно-воздушных сил противника, а также подводных лодок, выходящих в атаку под перископом.

С другой стороны, наличие радиолокационной аппаратуры на боевых средствах военно-морских сил повысило вероятность обнаружения отдельных боевых кораблей, их соединений, конвоев, транспортных и торговых судов. Усложнились задачи скрытия своих сил от наблюдения противника, увеличилась опасность поражения подводных лодок, находящихся в надводном положении, существенно изменилась тактика их боевых действий. Подводные лодки даже ночью и в туманную погоду не могут считать себя скрытыми от противника, находясь на поверхности моря для подзарядки аккумуляторов.

318

В период второй мировой войны гибель многих подводных лодок, торговых судов и боевых кораблей воюющих стран была связана с применением радиолокационных средств авиацией и военно-морскими силами.

Радиолокационные средства, применяемые в военно-морских силах различных стран, по месту их установки можно подразделить на два основных класса: береговые и корабельные.

БЕРЕГОВЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ

К береговым радиолокационным средствам относятся станции, применяемые в частях противовоздушной обороны военно-морских баз и портов, а также станции, используемые для наблюдения за морем и в береговой артиллерии.

Радиолокационные станции наблюдения за морем используются для обнаружения кораблей и низко летящих самолетов, а станции береговой артиллерии — для управления огнем по ним.

Радиолокационные станции противовоздушной обороны баз и портов по своему назначению и конструкции аналогичны станциям, применяемым во многих странах в войсках ПВО крупных населенных пунктов и промышленных объектов.

В системе ПВО военно-морских баз и портов применяются станции дальнего обнаружения самолетов и самолетов-снарядов противника, станции обнаружения и наведения истребительной авиации, станции целеуказания и орудийной наводки зенитно-артиллерийских батарей, а также аппаратура для сбора, передачи и обработки данных, получаемых от радиолокационных станций. На командных пунктах используется аппаратура для фильтрации (обработки) и воспроизведения данных о воздушной обстановке.

Боевая работа операторов перечисленных выше средств во многом аналогична работе боевых расчетов соответствующих радиолокационных станций и средств войск противовоздушной обороны военно-промышленных и административных центров государств.

Вместе с тем следует указать на одну особенность ПВО береговых объектов военно-морского флота. Расположение этих объектов на берегу или в непосредственной близости от моря не позволяет в большинстве случаев выдвинуть позиции станций дальнего обнаружения впереди позиций активных средств ПВО и расположения обороняемых военно-морских баз и портов. Это сокращает время с момента обнаружения воздушных целей до их приближения к обороняемому объекту и требует очень быстрой обработки и передачи данных об обнаруженных целях, принятия решения и введения в действие активных средств ПВО.

319

Для облегчения этой сложной задачи в ряде стран (например, в США) применяют корабли и самолеты радиолокационного дозора или, если позволяют географические условия, строят в море на отмелях или в мелководных местах на возможно большем удалении от берега платформы и устанавливают на них радиолокационные станции дальнего обнаружения.

Береговые радиолокационные станции обнаружения кораблей и низко летящих самолетов предназначаются для обнаружения надводных и низко летящих воздушных целей противника, приближающихся к обороняемому району, и целеуказания станциям управления огнем береговых батарей.

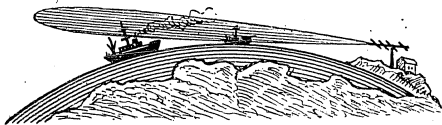


Рис. 179. Дальность обнаружения цели пропорциональна корню четвертой степени из мощности передатчика станции лишь в том случае, когда цель находится в максимуме диаграммы направленности

Станции обнаружения работают, как правило, в определенном секторе и определяют азимут и дальность целей. В вертикальной плоскости антенна не перемещается, и высоту полета самолета станции не определяют. Дальность действия этих станций, наблюдающих за целями, находящимися на поверхности моря или летящими на небольшой высоте, сильно зависит от высоты размещения антенны станции относительно уровня моря (эта зависимость, связанная с кривизной земной поверхности, уже рассматривалась нами раньше). Поэтому антенну располагают на высоких башнях или на господствующих прибрежных высотах¹. Следует иметь также в виду, что пределы прямой видимости, а следовательно, и предельная дальность обнаружения зависят и от вертикального размера надводной цели: чем выше размещены палубные надстройки и мачты корабля, тем больше пределы его прямой видимости (рис. 179).

Дальность обнаружения целей, находящихся в пределах прямой видимости, зависит от размеров цели и их конфигура-

¹ Все это относится, конечно, к случаю нормального распространения радиоволн. При аномальных условиях распространения указанная зависимость между дальностью действия станции и высотой расположения антенны нарушается.

ции: чем больше цель, тем больше, как правило, и дальность ее обнаружения. Так, например, авианосец, крейсер или любой другой корабль большого водоизмещения будет обнаруживаться значительно дальше, чем идущая под перископом подводная лодка, торпедный катер или десантные средства.

Говоря о дальности обнаружения надводных целей и ее зависимости от параметров радиолокационной станции, следует указать на одну важную особенность этой зависимости. Выше мы указывали, что дальность обнаружения цели радиолокационной станцией пропорциональна корню четвертой степени из мощности передатчика. Однако эта зависимость справедлива лишь в тех случаях, когда цель находится в максимуме диаграммы направленности станции (рис. 179), т. е. когда на цель попадает наибольшее количество излучаемой антенной энергии и станция принимает максимум отраженной энергии. Если же станция наблюдает за кораблем или воздушной, но низко летящей целью, то, как видно из рис. 179, цель из-за кривизны Земли будет находиться обычно не в максимуме диаграммы направленности антенны, а в ее нижнем участке. Поэтому дальность обнаружения таких целей прямо пропорциональна уже не корню четвертой, а корню восьмой или даже более высокой степени из мощности передатчика.

В этих случаях повышение мощности передатчика очень мало влияет на увеличение дальности. Например, повышение мощности передатчика в 2 раза увеличит дальность действия меньше чем на 10%. Отсюда ясно стремление к увеличению дальности действия таких станций в первую очередь за счет повышения высоты расположения антенны и уменьшения рабочей волны станции (что при прочих равных условиях приводит к уменьшению угла наклона диаграммы направленности станции и к увеличению дальности действия). Так, например, американская станция SCR-582, используемая для обнаружения кораблей и низко летящих самолетов, работает на волне 10,7 см.

Для повышения разрешающей способности станций по азимуту горизонтальный размер антенны делают, как правило, больше вертикального¹.

Отраженные от целей сигналы регистрируются на экранах индикаторов кругового или секторного обзора. Благодаря этому боевая обстановка воспроизводится наиболее наглядно, что облегчает целеуказание станциям управления огнем береговых батарей.

Точность определения координат целей станциями обнаружения должна быть такой, чтобы получить возможность на-

¹ Это приводит к сужению диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости и, следовательно, к повышению разрешающей способности станции.

дежного целеуказания станциям управления огнем и правильной оценки боевой обстановки.

Для ознакомления с характеристиками береговых станций обнаружения кораблей укажем параметры одной из таких станций (SCR-682). Она работает на волне 10,7 см, мощность передатчика составляет 225 квт в импульсе, антенная система выполнена в виде параболоида с диаметром 1,2 м. Дальность действия станции по целям средних размеров составляет несколько десятков километров и ограничивается пределами прямой видимости. Точность определения дальности характеризуется ошибкой в несколько десятков метров, а направления — ошибкой в 2°.

В тех случаях, когда необходимо круглосуточное наблюдение, боевая работа береговых радиолокационных станций обнаружения кораблей может вестись по графику, обеспечивающему системе станции непрерывное наблюдение за морем. Эти станции, как и станции дальнего обнаружения самолетов, должны обладать большим сроком службы, высокой надежностью и быть просты в управлении и эксплуатации.

Данные об обнаруженных целях, их координаты и характеристики передаются на командные пункты частей и подразделений, а также на батареи береговой артиллерии.

Радиолокационные станции управления огнем береговых батарей предназначаются для обнаружения кораблей и низколетящих самолетов (по данным целеуказания станций обнаружения или самостоятельно), точного определения текущих координат этих целей и корректирования огня батарей по ним. Поэтому основные тактико-технические характеристики таких станций выбираются из условий максимального удовлетворения требований обеспечения береговых батарей данными для прицельной стрельбы.

Дальность действия станций должна быть достаточной для обнаружения целей и перехода к их сопровождению на таких расстояниях, при которых можно успеть подготовить исходные данные и открыть огонь на предельных дистанциях стрельбы обслуживаемых батарей. В связи с этим большое значение для рассматриваемых станций, как и для станций обнаружения, приобретает высота расположения антенной системы, так как чем выше размещена антенна относительно уровня моря, тем больше радиолокационный горизонт станции.

Для получения высокой точности огня орудий береговой артиллерии от станции требуется большая точность определения координат цели как по дальности, так и по азимуту. Для этого необходимо применять антенны, обладающие узкой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости, и передатчики, вырабатывающие импульсы небольшой длительности и с крутым передним фронтом. То же самое требуется и для по-

лучения высокой разрешающей способности станций, о чем будет сказано ниже.

В качестве примера остановимся кратко на тактико-технических характеристиках радиолокационной станции AN/MPG-1, применяемой для обслуживания стрельбы батарей береговой артиллерии [17]. Аппаратура станции размещена в автомобильном прицепе, а антенна устанавливается на металлической сборной мачте (рис. 180), что позволяет увеличить высоту расположения антенны и повысить тем самым предел прямой видимости.

Благодаря большому горизонтальному размеру антенны и примененно короткой рабочей волны (3 см) диаграмма на-

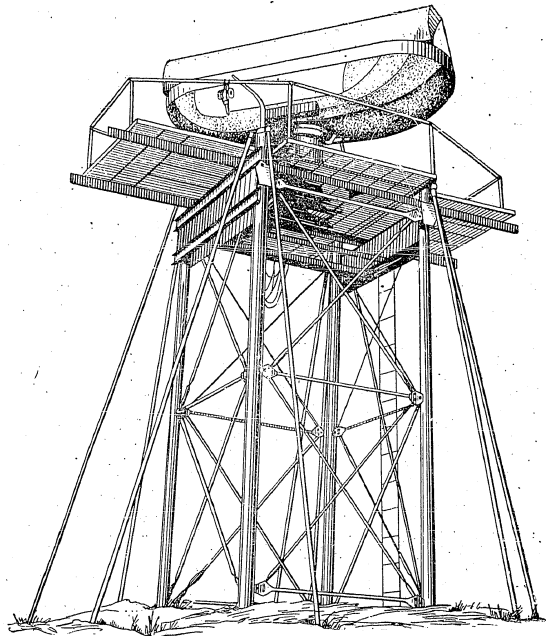


Рис. 180. Размещение антенны радиолокационной станции управления стрельбой береговых батарей на сборной мачте

правленности имеет ширину всего $0,6^\circ$ в горизонтальной плоскости. Для повышения разрешающей способности по дальности станция в режиме сопровождения цели излучает импульсы небольшой длительности — $0,25 \text{ мксек}$. Получаемая при этом высокая разрешающая способность по дальности и направлению позволяет следить за выбранными целями даже при большом количестве отражений от других целей (находящихся рядом других кораблей, буев, десантных средств, островов).

Азимут цели определяется этой станцией по методу максимума (по направлению луча в момент получения максимального отраженного сигнала), причем вследствие небольшой ширины луча ошибка не превышает $0,05^\circ$.

Дальность действия станции составляет в режиме поиска целей около 72 км , а при сопровождении около 25 км . Такая дальность достаточна для своевременной передачи на береговые артиллерийские батареи точных координат надводных целей и открытия по ним огня на предельной дальности стрельбы.

Размещение приемно-передающей и индикаторной аппаратуры станции в автомобильном прицеле позволяет привести станцию в боевую готовность через несколько часов после выбора позиции.

Кроме определения координат целей, станции управления огнем береговых батарей применяются для корректирования огня. Возможность такого корректирования основана на отражении радиоволн от столбов воды, возникающих при падении и разрыве снаряда. На экране индикатора, кроме отметок от целей, создаются сигналы, отраженные от столбов морской воды (рис. 181). Такие сигналы бывают видны в течение времени, достаточного для того, чтобы заметить место падения снаряда и определить координаты точки разрыва относительно обстреливаемого корабля.

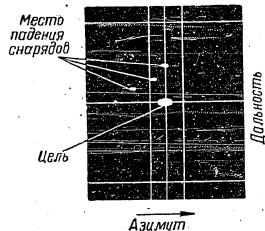


Рис. 181. Изображение на экране индикатора сигналов от цели и от разрывов снарядов

Для упрощения работы операторов огонь корректируется, как правило, по индикатору типа «азимут — дальность». На экране этого индикатора положение цели воспроизводится в прямоугольных координатах, причем по одной оси откладывается азимут цели, а по другой — ее дальность. Масштаб изображения выбирается достаточно большим, чтобы боевая обстановка в районе той цели, по которой ведется огонь, воспро-

изводилась крупным планом. При сопровождении отметка от выбранной цели выводится в центр экрана и удерживается на перекрестии двух центральных линий — визира дальности и визира азимута.

При разрыве снарядов на экране возникают дополнительные отметки, по положению которых можно определить ошибки стрельбы и внести поправки. Радиолокационное корректирование огня, позволяющее непосредственно получать поправки по дальности и азимуту и возможное при любых условиях видности, выгодно отличается от корректирования стрельбы с помощью оптических средств.

Необходимое для корректирования огня раздельное наблюдение отметок от цели и от столбов воды, образованных разрывами снарядов, упавших на небольшом расстоянии от цели, возможно лишь в том случае, если станция обладает высокой разрешающей способностью. Высокая разрешающая способность требуется также для обнаружения и сопровождения целей при сложной боевой обстановке или нахождении целей в прибрежной зоне. Поэтому рассмотренные станции, кроме высокой точности определения координат целей, должны обладать высокой разрешающей способностью.

Для упрощения корректировки огня по данным радиолокационной станции последняя в своем составе может иметь дополнительный (выносной) индикатор типа «азимут — дальность», который устанавливается на артиллерийском командном пункте на значительном удалении от позиции радиолокационной станции. Воспроизведение на экране этого индикатора тех же данных, что и на аналогичном индикаторе станции, позволяет определять величину отклонения точек падения снарядов от цели непосредственно на командном пункте.

БЕРЕГОВЫЕ ТЕПЛОПЕЛЕНГАТОРНЫЕ СТАНЦИИ

Для обнаружения надводных средств в любое время суток и особенно ночью или при других условиях, неблагоприятных для применения оптических средств наблюдения, в береговых частях, кроме радиолокационных станций, могут применяться также тепlopеленгаторные приборы. Принцип их действия заключается в следующем.

Как мы уже знаем, любое нагретое тело излучает инфракрасные (тепловые) волны, причем интенсивность излучения при прочих равных условиях тем больше, чем выше температура тела.

Боевые корабли, особенно крупные, являются мощными источниками излучения инфракрасных лучей. Особенно интенсивно излучаются инфракрасные лучи дымовыми трубами кораблей и образующимся над кораблем столбом дыма. Обнаружению кораблей способствует также относительно равномер-

ный нагрев морской поверхности, которая, имея примерно равную температуру верхнего слоя воды, создает инфракрасное излучение почти одинаковой интенсивности. Эти два условия — интенсивное излучение корабля и относительно слабое равномерное излучение моря — создают весьма благоприятные условия для обнаружения кораблей при помощи тепlopеленгаторных станций.

Упрощенная блок-схема тепlopеленгатора изображена на рис. 182. Инфракрасные волны, излучаемые кораблем, достигают приемного устройства тепlopеленгатора, которое состоит из параболического рефлектора (зеркала), отражающего

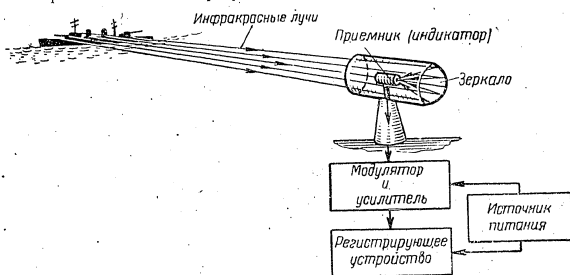


Рис. 182. Блок-схема тепlopеленгатора

инфракрасные лучи, и чувствительного к ним приемного элемента, расположенного в фокусе рефлектора. Благодаря такой конструкции приходящие инфракрасные лучи концентрируются на приемном элементе, которым может быть термоземлет, болометр или фотосопротивление.

Возникающий в приемном элементе под действием инфракрасных лучей электрический ток преобразуется (модулируется), усиливается и поступает в индикаторное устройство. Поскольку тепlopеленгатор определяет только направление на источник инфракрасного излучения, индикаторное устройство его довольно простое. Им могут быть электронно-лучевая трубка с послесвечением и линейной разверткой, проградуированной в градусах поворота приемного устройства, или более простые устройства, фиксирующие только сам факт приема сигнала. Направление на источник излучения в последнем случае определяется по положению приемного устройства в момент приема.

Работает тепlopеленгатор следующим образом. Приемное устройство производит в заданных пределах секторный поиск

в горизонтальной плоскости. При отсутствии кораблей в его «поле зрения» оно фиксирует только слабое излучение морской поверхности. Однако, как только тепlopеленгатор оказывается направленным на корабль, интенсивность принимаемого инфракрасного излучения резко возрастает и на индикаторе появляется сигнал. Заметив место появления сигнала на линии развертки или положение в этот момент времени приемного устройства, оператор определяет направление на обнаруженный корабль. Дальность обнаружения тепlopеленгаторами крупных надводных кораблей при благоприятных метеорологических условиях может составлять 25—30 км и более. Небольшие надводные объекты, являющиеся менее мощными источниками инфракрасного излучения, будут обнаруживаться на меньших дальностях.

То, что тепlopеленгатор может определить только одну координату цели — ее направление, — большой недостаток этого прибора (как, впрочем, и любых других пеленгаторов). Однако этот недостаток легко компенсировать, применив два или несколько пеленгаторов, расположенных на известной базе. При их одновременной работе по одной и той же цели можно путем несложных расчетов или построений на планшетах определить не только направление, но и дальность обнаруженного корабля. Нередко же бывает достаточным применение даже одиночно работающих тепlopеленгаторов (например, при обнаружении прохода неприятельских кораблей через узкие проливы).

К недостаткам тепlopеленгаторов следует также отнести зависимость их дальности действия от метеорологических условий. Например, сильный туман и дождь значительно снижают дальность обнаружения. Существенно усложняется применение тепlopеленгаторов и в тех случаях, когда по условиям работы на приемное устройство попадают солнечные лучи.

Однако, несмотря на эти недостатки, тепlopеленгаторы имеют и свои положительные стороны. Особенно следует подчеркнуть скрытность их работы, так как они принимают энергию, излучаемую обнаруживаемыми объектами, а сами не излучают сигналов. В связи с этим обнаружить их работу и определить таким образом их место расположения невозможно.

КОРАБЕЛЬНЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ

Современные корабли военно-морских флотов высокоразвитых в техническом отношении стран мира имеют мощное радиотехническое оснащение. Видное место среди этой аппаратуры занимают наряду с аппаратурой радиосвязи и радионавигации радиолокационные станции самого различного назначения.

Общее количество станций, размещаемых на кораблях, может быть следующим: на линейных кораблях и авианосцах — до 30—35, на крейсерах — до 20, на эскадренных миноносцах — до 10, на подводных лодках — до 5.

Некоторое представление о количестве радиолокационных средств на крупных кораблях может дать рис. 183, на котором

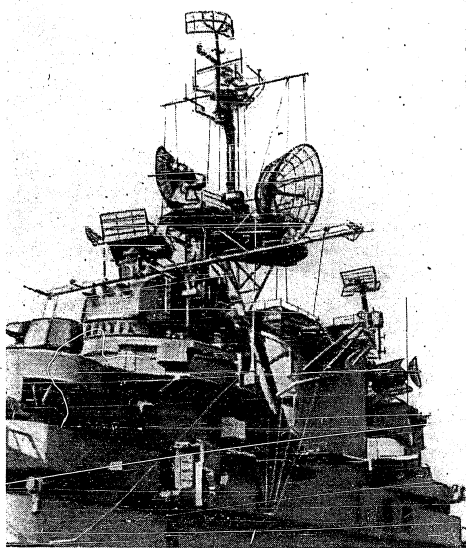


Рис. 183. Размещение антенн радиолокационных станций на крупном корабле

показано размещение радиолокационных антенн на мачтах и надстройках корабля.

В зависимости от типов и классов кораблей на них могут устанавливаться следующие радиолокационные станции [27]:

- станции обнаружения воздушных целей;
- станции наведения истребителей на самолеты противника;

- станции привода и посадки своих самолетов на палубу корабля (авианосца);
- станции обнаружения подводных целей;
- станции управления стрельбой корабельной артиллерии по воздушным целям;
- станции управления стрельбой корабельной артиллерии по подводным целям;
- станции управления торпедной стрельбой;
- станции управления реактивным оружием.

На некоторых надводных кораблях и подводных лодках устанавливаются комплексные радиолокационные станции, решающие две или более из перечисленных задач. Так, применяются станции обнаружения воздушных и надводных целей, станции обнаружения подводных целей и управления торпедной стрельбой, станции, вырабатывающие данные для артиллерийской и торпедной стрельбы, и т. д.

Такое объединение станций в значительной степени обусловлено боевым назначением, водоизмещением и вооружением корабля, на котором они устанавливаются. Например, корабли и подводные лодки, имеющие небольшое водоизмещение, оборудуются, как правило, многоцелевыми станциями. На крупных кораблях, где габариты и вес станций не имеют решающего значения, в подавляющем большинстве случаев устанавливаются одноцелевые станции, что позволяет более полно использовать их положительные качества и применять станции с лучшими тактико-техническими характеристиками.

Мы рассмотрим только одноцелевые радиолокационные станции.

Станции обнаружения воздушных целей предназначаются для обнаружения самолетов противника с целью своевременного приведения в действие средств противовоздушной обороны корабля или осуществления противовоздушного маневра.

Наличие таких станций на подводных лодках позволяет подводной лодке своевременно погрузиться в воду и избежать нападения самолетов противника. На кораблях, вооруженных зенитной артиллерией, эти станции дают возможность заблаговременно привести ее в боевую готовность, включить радиолокационные станции управления огнем ствольной и реактивной артиллерии и обеспечить необходимые целеуказания и распределение целей между огневыми средствами.

Станции этого типа, осуществляя круговой обзор пространства, определяют курсовой угол и дальность цели. Высоту цели они, как правило, либо совсем не измеряют, либо определяют весьма приближенно, например, по входу цели в зону обнаружения станции.

Дальность действия корабельных станций обнаружения воздушных целей выбирается исходя из условий получения

необходимого предупредительного времени и бывает обычно меньше дальности действия наземных станций обнаружения, применяемых в войсках ПВО. Это в известной степени обусловлено необходимостью сведения к минимуму габаритов аппаратуры станции и особенно их антенны, которые чаще всего размещаются на мачтах или высоких палубных надстройках, что увеличивает пределы прямой видимости и предотвращает затенение антенны палубными сооружениями при ее вращении.

Разрешающая способность и точность определения курсового угла цели зависят от того, каких размеров антенную систему можно разместить на корабле или подводной лодке.

Как и в наземных станциях аналогичного назначения, в этих станциях обычно применяются индикаторы кругового обзора. Однако изображение на их экранах, если не приняты специальных мер, будет ориентировано не относительно стран света, а относительно курса корабля. Поэтому все отметки целей при повороте корабля также будут смещаться на соответствующий угол. Возможные методы стабилизации изображения мы рассмотрим в следующем разделе.

Следует упомянуть об одной особенности корабельных станций, связанной с тяжелыми эксплуатационными и особенно климатическими условиями, в которых они работают. Высокая влажность воздуха, присутствие соли в каплях и брызгах воды создают исключительно благоприятные условия для появления ржавчины, коррозии, окисления контактов и нарушения изоляции, влекущих к выходу аппаратуры из строя. Поэтому при конструировании корабельной радиолокационной аппаратуры принимаются все возможные меры, обеспечивающие ее герметизацию, хорошую просушку, вентиляцию, и применяются антикоррозийные сплавы и материалы.

Работают эти станции во время выполнения кораблем своего задания почти непрерывно, кроме тех редких случаев, когда кораблю или находящейся на поверхности моря подводной лодке не угрожает опасность воздушного нападения. Это предъявляет очень высокие требования к надежности работы станций.

Данные, получаемые от радиолокационной станции, поступают на пост управления и к радиолокационным станциям активных средств ПВО корабля. С этой точки зрения такая станция выполняет также функции станции целеуказания.

Для облегчения боевой работы станции обнаружения могут иметь выносные индикаторы кругового обзора, устанавливаемые на различных боевых постах.

Кроме выполнения своего основного назначения, станции обнаружения, работающие в диапазоне сантиметровых волн, могут применяться для обнаружения штормовых районов, дождевых и грозных туч, а также ливневых дождей.

Применение радиолокационных станций в метеослужбе будет рассмотрено в разделе, посвященном описанию радиолокационной аппаратуры военно-воздушных сил.

Станции наведения истребителей устанавливаются на некоторых типах тяжелых кораблей в тех случаях, когда соединение кораблей имеет авиационное прикрытие из истребителей, базирующихся на авианосце или береговых аэродромах.

По своим тактико-техническим характеристикам эти станции аналогичны наземным станциям наведения истребительной авиации. Конструктивно они различаются тем, что в корабельных станциях применяются устройства стабилизации антенны по бортовой и килевой качке корабля и аппаратура стабилизации изображения индикатора кругового обзора относительно линии севера.

Бортовая и килевая качка корабля, изменяя пространственное положение осей вращения антенны по азимуту и углу места, вызывает дополнительные ошибки в определении азимута и особенно высоты самолетов. Устранить влияние качки можно стабилизацией горизонтального положения платформы, на которой расположена антенна, или введением поправок в положение отметки цели на экранах индикаторов.

Для автоматической стабилизации положения платформы антенны за рубежом используются гироскопические устройства, которые управляют работой силовых приводов, компенсируют качку и удерживают платформу в горизонтальном положении. Такой метод компенсации особенно полезно применять в тех случаях, когда качка может привести к временной потере целей.

Компенсация качки корабля схемными методами, при которых в положение отметки цели на экране индикатора вводятся необходимые поправки, позволяет избежать применения мощных силовых приводов и с этой точки зрения предпочтительнее методов компенсации, основанных на стабилизации антенных платформ. Недостаток такой компенсации, особенно сильно проявляющийся при узких диаграммах направленности, заключается в отсутствии стабилизации зоны обнаружения станции и частом пропадании в связи с этим отметок целей.

Действительно, изменение при качке корабля положения нестабилизированной антенны приводит к соответствующему изменению положения диаграммы направленности антенны. В связи с этим при обзоре пространства перемещение диаграммы направленности может происходить таким образом, что цели, находящиеся в некоторых участках зоны обзора, не будут облучаться зондирующим импульсом станции, а следовательно, не будут обнаруживаться. Поэтому для увеличения надежности обнаружения целей приходится либо стабили-

зирать антенны, либо расширять диаграмму направленности в вертикальной плоскости, о чем будет сказано ниже.

Потребность в стабилизации изображения на индикаторе кругового обзора по направлению обусловлена изменением относительного азимута воздушных целей при изменении курса корабля.

Как легко убедиться, это связано с тем, что при повороте корабля угол поворота антенны в азимутальной плоскости зависит как от скорости вращения самой антенной системы, так и от угла поворота корабля. Линия же развертки на экране индикатора кругового обзора вращается синхронно с вращением антенны относительно корпуса корабля, и поворот корабля не учитывается. Это затрудняет определение действительного положения самолетов противника и своих истребителей и расчет истинного курса истребителя в точку перехвата целей.

Для стабилизации изображения по направлению прибегают к дополнительному, компенсирующему изменению курса корабля повороту механизма, связывающего антенну с отклоняющей системой индикатора кругового обзора станции. Благодаря такому повороту положение линии развертки стабилизируется относительно линии севера независимо от изменения курса корабля. При этом изображение на экране индикатора остается все время ориентированным относительно стран света; изменяется же положение линии, указывающей курс корабля.

Метод определения действительного положения самолетов, решения задачи встречи и определения курса истребителя в точку встречи не будет в этом случае отличаться от метода, применяемого при наведении истребителей с помощью станции, размещенной на неподвижном основании.

В некоторых станциях применяют другой метод стабилизации изображения по направлению: при изменении курса корабля не поворачивают отклоняющую систему индикатора, а вращают на соответствующий угол азимутальную шкалу индикатора. Этот метод, представляющий собой по существу метод ориентирования изображения, более прост конструктивно. Однако при нем изображение на экране индикатора вращается, что затрудняет прокладку истинного курса цели и размывает изображение, так как при повороте корабля сигналы от одной и той же цели воспроизводятся при каждом обороте антенны в разных точках экрана.

Станции привода и посадки самолетов применяются на авианосцах для обеспечения привода и посадки своих истребителей, самолетов-разведчиков и самолетов других назначений, возвращающихся с боевого задания. Такие радиолокационные станции должны обеспечивать обнаружение своих самолетов на значительных удалениях, определение их положения с целью передачи на самолеты команд о курсе для вывода са-

молета к авианосцу, а также наблюдение за положением самолетов в ближней зоне и в момент посадки, чтобы повысить безопасность посадки самолетов на палубу авианосца.

Авианосцы могут также иметь мощные станции дальнего обнаружения и управления противоздушными средствами корабля. Такие станции определяют дальность, азимут и угол места (высоту) полета самолетов и с помощью входящих в комплект аппаратуры счетно-решающих приборов обеспечивают выработку данных, необходимых для вывода истребителя-перехватчика в район цели.

Станции обнаружения надводных целей. Кроме выполнения своего основного назначения — обнаружения надводных целей, эти станции используются для навигации при плавании в прибрежной полосе и узкостях, особенно в темноте и днем при плохой видимости. Они применяются также при совместном плавании кораблей в строю для предотвращения их столкновений.

Возможность обнаружения буев и бакенов с помощью этих станций позволяет кораблям при отсутствии оптической видимости обнаруживать проходы в боновых и минных заграждениях, а при плавании в северных и южных полярных широтах эти же станции могут использоваться и для определения границ ледового поля и отыскания проходов в нем.

Станции данного типа осуществляют круговой обзор пространства и обладают сравнительно высокой точностью определения координат и разрешающей способностью (особенно если на кораблях, где они устанавливаются, нет станций управления стрельбой по надводным целям).

Для повышения дальности действия станций, ограничиваемой в первую очередь кривизной Земли, антенную систему стремятся разместить как можно выше, например на одной из мачт корабля. При достаточно высоком расположении антенн станции обнаруживают крупные корабли на расстояниях 40—50 км, средние корабли — на расстояниях 20—30 км, а подводные лодки, идущие под перископом, — на расстояниях 4—6 км.

Радиолокационные станции обнаружения надводных целей, как правило, не имеют стабилизации антенн от качки, потому что стабилизация приводит к усложнению конструкции, делает антенны громоздкими и тяжелыми, что особенно нежелательно для антенн, располагаемых в верхней части мачт. Введение стабилизации усложняет также схему и конструкцию всей станции.

Периодическое пропадание целей, обусловленное качкой корабля, предотвращается в этих станциях в большинстве случаев применением диаграммы направленности с вертикальным разворотом, превышающим возможный крен корабля в плоскости визирования (рис. 184).

Для получения радиолокационной карты береговой полосы в станциях прибегают к стабилизации изображения на экране индикатора кругового обзора методом дополнительного поворота его отклоняющей системы. При такой стабилизации, как уже говорилось выше, получается неподвижное неразмытое изображение береговой полосы и сигналов от надводных целей. Курс корабля указывается в этом случае специальной стрелкой, направление которой меняется в соответствии с поворотом корабля.

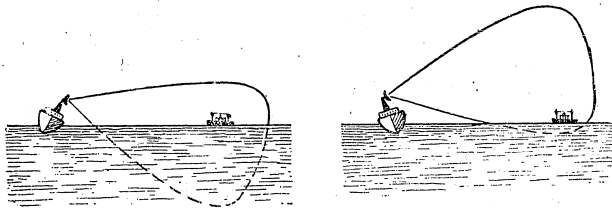


Рис. 184. Предотвращение пропадаания цели при качке корабля применением диаграмм направленности с широким размахом в вертикальной плоскости

При использовании этих станций для целеуказания станциям орудийной наводки и станциям реактивных систем класса «корабль — корабль» стабилизация изображения по направлению обычно не применяется, так как это затрудняет ориентирование.

Для сокращения времени передачи данных об обнаруженных целях на боевые посты и повышения надежности целеуказания станции обнаружения надводных целей имеют обычно несколько выносных индикаторов. По выносному индикатору командир корабля оценивает надводную обстановку и производит целераспределение. Данные о координатах целей, с которыми должна вести бой соответствующая боевая система (орудия главного или универсального калибра, реактивная система класса «корабль — корабль» и т. п.), по линиям синхронной связи передаются операторам соответствующих радиолокационных станций и используются расчетами последних для поимки указанной цели.

Станция управления стрельбой корабельной ствольной артиллерии по воздушным целям. К этому классу станций относятся станции управления огнем зенитной артиллерии и артиллерии универсального калибра. В последнем случае станции используются для определения текущих координат как воздушных, так и надводных целей. Целеуказание станции полу-

чают от станции обнаружения воздушных целей или от специальных станций целеуказания.

По своей конструкции и тактико-техническим характеристикам рассматриваемые станции во многом аналогичны стан-

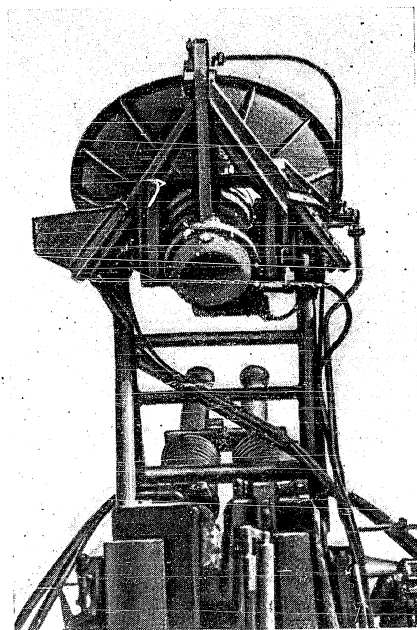


Рис. 185. Внешний вид антенны и высокочастотных блоков корабельной радиолокационной станции управления стрельбой ствольной зенитной артиллерии [26]

циям орудийной наводки, используемым в зенитной артиллерии. Они обладают высокой точностью определения координат и в подавляющем большинстве случаев осуществляют полуавтоматическое или автоматическое сопровождение целей. Система автоматического сопровождения воздушных целей по на-

правлению рассчитывается в этих случаях таким образом, чтобы цель не выходила из диаграммы направленности станции даже при резких изменениях курса корабля. Это приводит к дополнительному усложнению аппаратуры и повышению мощности электродвигателей вращения антенны.

К конструктивным особенностям описываемых станций относится также размещение антенн на платформах, горизонтальное положение которых стабилизируется с высокой точностью. Станции малокалиберной зенитной артиллерии в ряде случаев размещаются вместе с орудиями на одной платформе или даже на одном поворотном устройстве (рис. 185).

Операторы корабельных станций управления стрельбой по воздушным целям работают следующим образом. Получив целеуказание от станции обнаружения воздушных целей, они производят ручной или автоматический поиск в указанном секторе; обнаружив цель, они наводят на нее диаграмму направленности станции и переводят аппаратуру в режим полуавтоматического или автоматического сопровождения. Работа станции в этом режиме продолжается до момента уничтожения цели, выхода ее из зоны действия станции или получения команды о переходе на сопровождение другой цели.

Станции управления стрельбой ствольной корабельной артиллерии по надводным целям используются для точного определения текущих координат надводных целей и управления огнем артиллерии главного калибра. Дальность действия станций выбирается с таким расчетом, чтобы координаты целей точно определялись с расстояний, обеспечивающих открытие огня с предельных дальностей стрельбы. Сопровождение целей может быть ручным, полуавтоматическим или автоматическим. Точность определения координат целей очень высокая, поэтому управление огнем батарей главного калибра с помощью радиолокационных средств осуществляется в большинстве случаев не только ночью, но и днем, так как оптические приборы имеют меньшую дальность действия и точность определения координат (особенно дальность).

Описываемым станциям свойственна также высокая разрешающая способность, что позволяет корректировать стрельбу по всплескам от снарядов. Это резко повышает действительность огня корабельной артиллерии при стрельбе по надводным целям.

Для улучшения условий корректировки стрельбы станции этого типа имеют обычно дополнительный индикатор отклонений. На экране этого индикатора в увеличенном масштабе воспроизводится надводная обстановка в районе обстреливаемой цели (рис. 181). Пользуясь изображением на экране этого индикатора, определяют отклонение точек падения снарядов от цели по дистанции и углу и вводят соответствующие поправки в приборы управления стрельбой.

Антенны станций управления стрельбой размещаются так, чтобы сектор обзора допускал наблюдение на основном индикаторе и определение координат всех целей, находящихся в секторе стрельбы батарей в непосредственной близости к нему. Как правило, антенны имеют полную стабилизацию в горизонтальной плоскости.

Работают станции следующим образом. Боевой расчет станции, получив команду на сопровождение цели и приняв указание о ее местоположении от станции обнаружения надводных целей, производит поиск. После обнаружения цели, на что тратится несколько секунд, станция переводится в режим сопровождения цели. Определяемые при этом точные данные о текущих координатах цели автоматически вводятся в прибор управления огнем, который вырабатывает исходные данные для стрельбы.

После каждого выстрела расчет станции определяет место падения снарядов относительно обстреливаемой цели. На основании этих данных в прибор вводятся поправки до тех пор, пока залп не накрыет цель. После этого расчет переходит на поражение цели. Благодаря высокой точности работы станции, автоматизации управления стрельбой и скорости определения ошибок стрельбы с момента открытия огня до момента поражения цели обычно проходит незначительное время.

Однако явление отражения радиоволн от морской воды, на котором основано корректирование стрельбы по надводным целям, имеет, кроме положительных, и отрицательные свойства. Дело в том, что радиосигналы, излучаемые радиолокационными станциями вдоль морской поверхности, довольно хорошо отражаются от морских волн. При большом волнении эти отражения могут быть настолько интенсивными, что обнаружение небольших надводных целей будет значительно усложнено.

Поэтому в береговых и корабельных радиолокационных станциях, предназначенных для обнаружения и сопровождения надводных целей, обычно применяют различные схемные методы, снижающие засветку экранов индикаторов отражениями от волн.

Станции управления торпедной стрельбой устанавливаются на подводных лодках, торпедных катерах и других кораблях, имеющих торпедное вооружение. Часто эти станции бывают многоцелевыми: на кораблях малого тоннажа они могут также использоваться для обнаружения надводных целей, а на кораблях, вооруженных артиллерией, — для управления артиллерийской стрельбой по надводным целям.

Дальность действия станций — сравнительно небольшая, выбирается она с учетом дальности торпедной стрельбы и класса корабля, на котором устанавливается станция. На под-

водных лодках и торпедных катерах предельная дальность радиолокационного обнаружения целей ограничивается, как правило, не мощностью передатчика и чувствительностью приемника, а низким расположением антенны относительно уровня моря.

Небольшие габариты антенн станций, устанавливаемых на малых кораблях и подводных лодках, приводят к ухудшению разрешающей способности станции по курсовому углу и требуют применения радиоволн сантиметрового диапазона. Стабилизация антенн в этом случае не применяется, так как широкая диаграмма излучения в вертикальной плоскости, получаемая при небольших размерах антенны, компенсирует колебания антенной системы, вызванные качкой корабля.

Точность определения координат целей выбирается исходя из точности торпедной, а если станция многоцелевая — и артиллерийской стрельбы.

При установке этих станций на торпедных катерах радиолокационная аппаратура работает в исключительно тяжелых условиях. Непрерывная вибрация корпуса катера, частые периодические удары, вызывающие сотрясение всего корпуса, высокая влажность воздуха и возможность попадания на поверхность блоков большого количества воды — все это без принятия специальных мер привело бы к быстрому выходу аппаратуры из строя или нарушению ее нормальной работы, снижению дальности и точности определения координат. Поэтому при конструировании таких станций прибегают к специальным мерам амортизации и применяют влаго- и брызгонепроницаемые радиотехнические блоки.

Станции управления зенитным реактивным оружием. Паряду со ствольной артиллерией на современных кораблях могут устанавливаться управляемые реактивные системы, применяемые для стрельбы как по воздушным целям (системы класса «корабль — самолет»), так и по надводным (системы «корабль — корабль»). Для управления зенитными реактивными системами используются станции наведения реактивного снаряда на цель, по принципу работы аналогичные наземным станциям управления стрельбой зенитных реактивных установок. Различие в этих станциях заключается главным образом в их конструктивном выполнении.

Для наведения зенитных управляемых снарядов на цель в этих станциях может использоваться метод передачи команд наведения по радиолучу или аппаратура самонаведения.

При использовании метода передачи команд или наведения по лучу для определения положения снаряда (величины и направления отклонения его траектории от требуемого направления полета) может применяться радиолокатор сопровождения цели. Однако при этом траектория полета снарядов не должна выходить из диаграммы направленности радиоло-

катора сопровождения цели. В противном случае для сопровождения снаряда необходимо применять отдельную радиолокационную станцию или метод самонаведения снаряда.

Высокая эффективность реактивного зенитного оружия, значительная дальность стрельбы, возможность борьбы с высоко летящими скоростными самолетами и самолетами-снарядами противника привели к тому, что в настоящее время этот вид оружия в ряде стран стал применяться на кораблях вместо ствольной зенитной артиллерии.

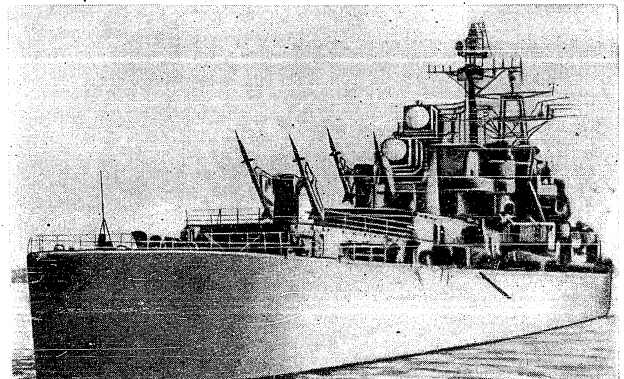


Рис. 186. Крейсер, оснащенный управляемыми реактивными снарядами и радиолокационными станциями управления

Общий вид корабля, на котором видны антенны радиолокационных станций управления ракетами класса «корабль — самолет», приведен на рис. 186. На переднем плане видны пусковые установки с подготовленными к запуску зенитными снарядами. В центральной части корабля видны две антенны радиолокационных станций управления стрельбой этими снарядами. За антеннами, установленными на мощных основаниях, видны антенные системы радиолокационных станций другого тактического назначения.

Станции управления реактивными системами класса «корабль — корабль» применяются при стрельбе реактивными снарядами по кораблям противника или по береговым объектам. Дальность стрельбы этими снарядами может значительно превосходить максимальную досягаемость орудий корабельной

ствольной артиллерии. Поэтому описываемые станции должны обладать большей дальностью, чем рассмотренные нами станции управления огнем главного калибра, для чего они должны обладать большей мощностью, и — что самое главное — их антенны должны устанавливаться в наиболее высоких точках корабля.

Точность этих станций зависит от применяемого метода самонаведения. Так, если снаряд имеет головку самонаведения (рис. 187), действующую на всем или последнем участке траектории полета, точность станции может быть сравнительно небольшой. В качестве головок самонаведения в этих

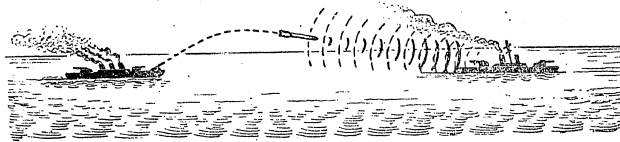


Рис. 187. Применение активного самонаведения для поражения морских целей ракетами класса «корабль — корабль»

снарядах может применяться как радиолокационная, так и инфракрасная аппаратура. Следует отметить, что в связи с высокой интенсивностью теплового излучения кораблей пассивные инфракрасные головки самонаведения могут иметь значительную дальность действия.

Система опознавания. Все корабли и береговые радиолокационные станции оборудованы аппаратурой системы опознавания, позволяющей определять государственную принадлежность обнаруженного корабля или самолета. Принцип работы аппаратуры системы опознавания будет рассмотрен нами несколько ниже.

СРЕДСТВА РАДИОНАВИГАЦИИ КОРАБЛЕЙ

Кроме радиолокационных средств, в военно-морских флотах различных стран для кораблевождения и вывода кораблей и подводных лодок в нужный район широко применяются различные радионавигационные и инфракрасные приборы и системы. Среди них в первую очередь следует указать на радиокompасы, радиопеленгаторы, радиомаяки, инфракрасные маяки и пеленгаторы, а также дальномерные и разностно-дальномерные импульсные и фазовые радионавигационные системы. Первые три типа приборов (радиокompасы, радио-

340

пеленгаторы и радиомаяки) работают по принципу направленного приема или излучения радиоволн и позволяют определять **направление** на работающую радиостанцию. По такому же принципу работают тепlopеленгаторы и инфракрасные маяки.

Дальномерные и разностно-дальномерные системы работают по принципу измерения **расстояния**, проходящего радиоволнами, благодаря чему достигается высокая точность определения местоположения кораблей и подводных лодок даже при их значительном удалении от береговых опорных пунктов. Эти системы (особенно импульсные) имеют много общего

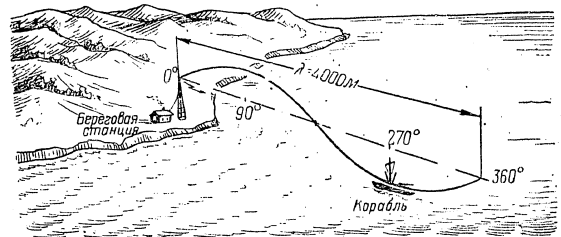


Рис. 188. Фаза в точке приема отличается от фазы в месте передачи на 270°

с радиолокационной аппаратурой как по конструкции, так и по схеме. Однако по принципу действия они существенно отличаются от импульсных радиолокационных средств.

В этом разделе мы рассмотрим, как работают дальномерные и разностно-дальномерные фазовые навигационные системы, чтобы затем в разделе, посвященном описанию радиолокационных средств военно-воздушных сил, вернуться к аналогичным по назначению импульсным разностно-дальномерным системам.

Фазовая дальномерная радионавигационная система. Работа этой системы заключается в измерении **фазы** принимаемых радиоволн и определении на основании этих измерений расстояния между передающей радиостанцией и пунктом, в котором производится прием радиоволн.

Фазой называют величину, характеризующую состояние колебательного процесса в каждый момент времени. При этом период колебаний разбивают условно на 360 частей (угловых градусов) и измеряют фазу колебаний в этих величинах.

Например, для случая, изображенного на рис. 188, фаза

341

колебаний в точке излучения — на наземной передающей станции составляет 0° (т. е. колебания находятся в начальной стадии), а в точке приема (на корабле) равна 270° . В этом случае фаза колебаний в точке приема отличается от фазы колебаний в точке излучения на $270^\circ - 0^\circ = 270^\circ$. Поэтому если длина волны, на которой работает станция, нам известна (допустим, 4000 м), то, измерив разность фаз колебаний, можно найти расстояние корабля от береговой станции. В нашем случае оно будет составлять $4000 \text{ м} \cdot \frac{270}{360} = 3000 \text{ м}$. При приближении или удалении корабля от береговой передающей станции разность фаз будет изменяться, что позволит непрерывно измерять удаление корабля от береговой станции.

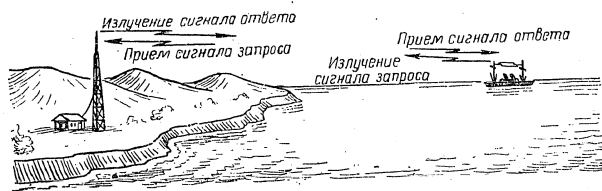


Рис. 189. Для определения разности фаз береговая станция ретранслирует сигнал запроса корабельной станции

Для определения разности фаз необходимо не только измерять фазу колебаний в месте приема, но и знать фазу колебаний в этот момент в пункте их излучения. Поэтому большинство таких систем состоит из двух приемно-передающих станций, одна из которых расположена на корабле, а другая — на берегу в точке с известными координатами. Работает такая система следующим образом. Корабельный передатчик излучает колебания, которые принимаются и переизлучаются береговой станцией (рис. 189). Переизлученные колебания принимаются приемником корабельной аппаратуры, и их фаза с помощью индикаторного устройства сравнивается с фазой колебаний, излучаемых в этот момент времени. Это позволяет определить разность фаз, а следовательно, и расстояние между кораблем и береговой станцией.

Для определения местоположения корабля его бортовая аппаратура должна запросить и получить ответ от двух береговых станций, находящихся на определенном расстоянии одна от другой. Зная расстояние до двух береговых пунктов, местоположение корабля легко определить с помощью простого построения на карте.

Большое достоинство фазовых дальномерных систем — высокая точность определения координат при значительных дальностях действия. Недостаток систем — низкая пропускная способность: береговые станции могут одновременно работать лишь с ограниченным числом кораблей.

Существует и другой недостаток этой системы. Если разность расстояний двух кораблей от береговой станции равна целому числу волн, на которых работает система (рис. 190), то на кораблях будет отмечаться одна и та же разность фаз, хотя их расстояния от береговой станции различны. Это объясняется тем, что индикатор-фазометр может измерять в каждый момент времени разность фаз только в пределах рас-

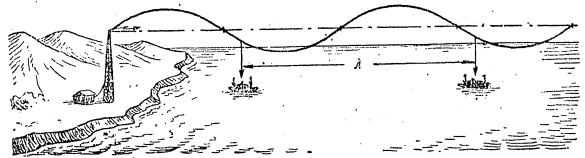


Рис. 190. Два корабля, разность расстояний которых от береговой станции равна целому числу волн, фиксируют одинаковую разность фаз

стояния, соответствующего одной длине рабочей волны, после чего показания фазометра начинают повторяться. Однако, если фазовая дальномерная система включается в момент выхода корабля из пункта с известными координатами и не выключается в течение всего периода плавания корабля, этот недостаток системы не мешает определить истинное расстояние до береговых станций, так как по мере удаления корабля от исходного пункта маршрута непрерывно работающий фазометр будет отсчитывать не только разность фаз в пределах одной длины волны, но и целое число длин волн, пройденных кораблем.

Работа оператора этой системы заключается во включении аппаратуры при выходе корабля из порта или проходе им пункта с известными координатами, в наблюдении за качеством работы аппаратуры и считывании со шкал фазометра показаний по требованию штурмана, который, зная местонахождение береговых станций, по показаниям фазометра определяет координаты корабля и прокладывает его курс.

Необходимость непрерывной работы корабельной береговой аппаратуры дальномерной системы в течение всего периода плавания корабля является, конечно, недостатком этой

системы. Поэтому ее наиболее целесообразно использовать при кратковременных выходах кораблей в плавание.

Фазовые разностно-дальномерные системы. В отличие от дальномерной системы разностно-дальномерная система обладает неограниченной пропускной способностью: сигналы, излучаемые береговыми станциями, могут одновременно использоваться любым числом кораблей, находящихся в зоне действия системы. Это обусловливается тем, что корабли, пользующиеся для определения своего местоположения и курса описываемой навигационной системой, имеют лишь приемно-индикаторное оборудование, которое принимает непрерывно излучаемые сигналы береговых передатчиков.

Береговая аппаратура этой системы имеет две пары передающих станций. Каждая пара имеет в своем составе ведущую и ведомую станции; ведомая станция, принимая сигналы ведущей, использует их для того, чтобы фаза излучаемых ею

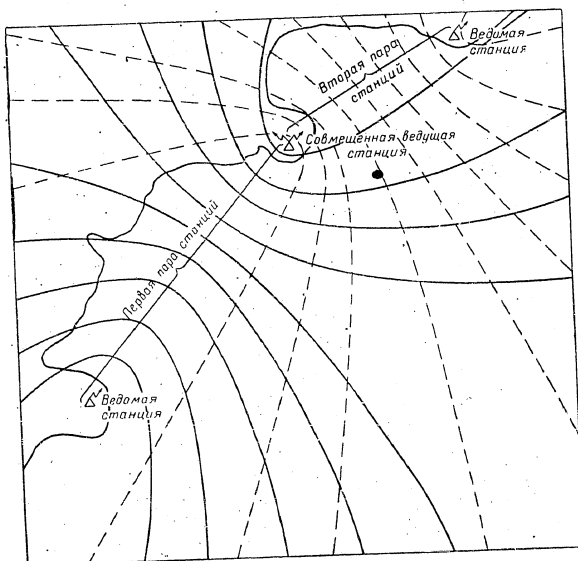


Рис. 191. Карта с нанесенными изофазами (кривыми равных фаз)

сигналов строго соответствовала фазе сигналов ведущей станции. Поэтому каждая пара станций излучает непрерывные сигналы двух фиксированных частот, фазы которых находятся в определенном соотношении.

Экипаж корабля, приняв с помощью приемно-индикаторного оборудования сигналы одной пары станций, определяет разность фаз двух сигналов.

Определив разность фаз, штурман корабля обращается к специальным картам с нанесенными на них гиперболами, каждая из которых соответствует определенной разности фаз сигналов одной пары станций, и отмечает кривую, соответствующую измеренной разности (сплошные линии на рис. 191). Затем определяется разность фаз колебаний станций другой пары и из второй группы гипербол также выбирается кривая, соответствующая измеренной величине (пунктирные линии). Точка пересечения двух кривых укажет положение корабля в данный момент времени.

Таков принцип работы фазовой разностно-дальномерной системы. Следует иметь в виду, что, пользуясь этой системой, необходимо, как и при пользовании фазовой дальномерной системой, первоначально привязывать корабль к точке на местности, координаты которой известны, а затем в процессе плавания не выключать приемно-индикаторное оборудование, так как иначе не удастся устранить многозначность в определении положения корабля.

В заключение укажем, что ведущие передатчики двух пар станций могут иногда объединяться в одну; вся система имеет в этом случае лишь три береговые станции.

КОРАБЕЛЬНЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ПРИБОРЫ

Приборы инфракрасной техники на кораблях могут использоваться в самых разнообразных целях и в первую очередь для решения следующих задач:

- тепловизионирования неприятельских кораблей и целеуказания корабельной артиллерии;
- определения направления и дистанции идущих рядом своих кораблей с целью удержания места в строю;
- обнаружения препятствий;
- навигации по инфракрасным маякам;
- скрытого видения в инфракрасных лучах;
- связи и сигнализации.

Кроме того, инфракрасная аппаратура может широко использоваться как средство самонаведения реактивных снарядов. Благодаря высокой тепловой контрастности корабля относительно поверхности моря применение тепловых головок самонаведения в снарядах класса «корабль — корабль» может быть весьма эффективным.

Теплопеленгование кораблей и целеуказание корабельной артиллерии осуществляется с помощью корабельных теплопеленгаторов, которые по принципу действия и конструкции аналогичны уже рассмотренным нами береговым теплопеленгаторам.

Высокая интенсивность излучения кораблями инфракрасных лучей позволяет при помощи теплопеленгаторных приборов обнаруживать вражеские корабли на значительных расстояниях, ограничиваемых во многих случаях только пределами прямой видимости. Вследствие большой точности определения теплопеленгаторами угловых координат целей получаемые от них данные можно использовать не только для информации об обнаружении кораблей, но и для целеуказания корабельной артиллерии.

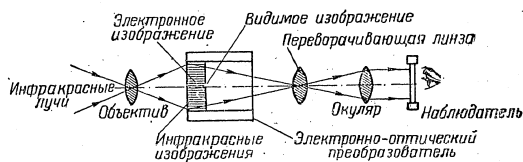


Рис. 192. Принципиальная схема инфракрасного телескопа

Устанавливаются теплопеленгаторы на кораблях различных классов.

Удержание места в строю. При плавании ночью в условиях светомаскировки для удержания места в строю и предотвращения столкновений с идущими рядом кораблями могут применяться корабельные теплопеленгаторы и инфракрасные приборы с электронно-оптическими преобразователями. Последние при наличии инфракрасного подсвечивающего прожектора позволяют наблюдать всю навигационную и боевую обстановку в пределах своей дальности действия. Принцип работы этих приборов, получивших название инфракрасных телескопов, пояснен схематически на рис. 192.

Приходящие инфракрасные лучи с помощью объектива проектируются на фотокатод электронно-оптического преобразователя, в котором инфракрасное изображение преобразуется сначала в электронное, а затем в видимое. Видимые лучи фокусируются затем с помощью системы линз прибора и через окуляр наблюдаются оператором.

Для обнаружения кораблей по их тепловому излучению могут использоваться и метаскопы — специальные приборы для обнаружения источников инфракрасных лучей. С принципом действия этих приборов читатель ознакомится в разделе,

посвященном описанию инфракрасных средств сухопутных войск.

Обнаружение препятствий. Для обнаружения препятствий и предотвращения столкновений также могут использоваться приборы инфракрасной техники. Так, например, для этой цели в носовой части корабля могут устанавливаться инфракрасный прожектор и приемное устройство с индикаторами инфракрасных лучей. Когда на пути распространения излучаемых прожектором инфракрасных лучей нет никаких препятствий, отражения этих лучей не происходит и приемное устройство не принимает сигналов. Если же лучи встретят на своем пути ка-

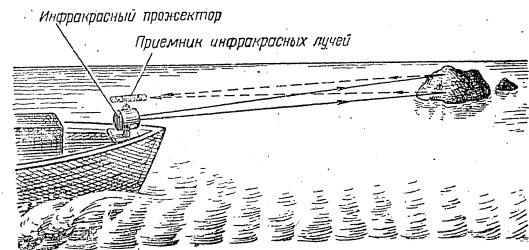


Рис. 193. Использование инфракрасных приборов для обнаружения препятствий

кое-либо препятствие, произойдет отражение, часть отраженной энергии дойдет до приемного устройства и будет зарегистрирована им (рис. 193).

Синхронно вращая прожектор и приемник, можно обнаруживать и пеленговать препятствия, находящиеся слева и справа по курсу корабля.

Навигация по инфракрасным маякам. В условиях светомаскировки световые маяки и створные огни не могут использоваться для навигации кораблей. Однако с помощью инфракрасных фильтров такие маяки и створы можно превратить в инфракрасные сигнальные средства, посылающие невидимые для человеческого глаза инфракрасные лучи. Корабли, оборудованные теплопеленгаторами, инфракрасными телескопами или другими инфракрасными приборами, могут пеленговать такие маяки и створные сигнальные устройства, определять тем самым свое местоположение и курс. Но следует помнить, что противник, имея в своем распоряжении аналогичные при-

боры наблюдения, также сможет обнаруживать работу этих навигационных ориентиров.

Связь и сигнализация обеспечиваются изменением интенсивности излучаемых инфракрасных лучей. Так, например, закрывая или открывая в определенные моменты времени инфракрасный прожектор, можно передавать сигналами телеграфной азбуки нужные сообщения. Прием этих сигналов возможен лишь при наличии на приемном пункте соответствующих инфракрасных наблюдательных приборов.

ГЛАВА XIV

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ВООРУЖЕНИЕ ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ

В первые годы своего развития радиолокационная техника применялась преимущественно в войсках ПВО и военно-морском флоте. Однако быстрое совершенствование этой техники и ее высокие положительные качества очень скоро привели к тому, что радиолокационная аппаратура стала неотъемлемой частью вооружения боевых самолетов всех типов. Уже в середине второй мировой войны на самолетах-истребителях ряда воюющих стран стали устанавливаться станции обнаружения бомбардировщиков противника и вывода истребителей на обнаруженные цели. В последние годы войны начали широко применяться радиолокационные бомбоприцелы, станции защиты хвоста и станции других назначений.

В послевоенные годы радиолокационное вооружение военно-воздушных сил различных стран мира получило свое дальнейшее развитие. В настоящее время радиолокационные приборы устанавливаются на самолетах-бомбардировщиках, истребителях, самолетах разведывательной, транспортной и вспомогательной авиации.

Следует отметить, что широкое применение радиолокационных средств в военно-воздушных силах стало возможным лишь после освоения техники сантиметровых радиоволн, создания мощных генераторных ламп, миниатюрных элементов (и целых блоков) радиоэлектронной аппаратуры этого диапазона.

В настоящее время радиолокационная аппаратура стала столь же необходимой в авиации, как и радиосвязные и радионавигационные приборы. Исход многих воздушных сражений и боевых операций во многом зависит теперь от качества работы радиолокационного вооружения и умения личного состава военно-воздушных сил правильно его использовать.

Современные реактивные бомбардировщики имеют более десятка различных радиоэлектронных приборов. Об объеме этой аппаратуры можно судить хотя бы по тому факту, что

число радиоламп в аппаратуре, установленной на истребителе, может превышать 500, а в аппаратуре тяжелого бомбардировщика — 5000. Подавляющее большинство радиоламп и радиодеталей приходится на долю радиолокационной и радионавигационной аппаратуры. По данным иностранных источников, стоимость радиоэлектронного оборудования в настоящее время составляет более 50% общей стоимости самолета.

Говоря о самолетной радиолокационной аппаратуре, нельзя не упомянуть о специфике ее конструкции, связанной с тяжелыми условиями ее эксплуатации. Самолетная аппаратура должна надежно работать при вибрациях, тряске и механических перегрузках, возникающих в полете; она должна быть приспособлена для работы при быстром изменении атмосферного давления, при высокой температуре и не должна реагировать на резкое ее снижение до нескольких десятков градусов ниже нуля при подъеме самолета на большие высоты. Наружные элементы аппаратуры должны выдерживать воздействие дождя, тумана и прямых солнечных лучей. В то же время аппаратура должна быть компактна, иметь небольшие габариты и вес, потреблять небольшое количество энергии от бортовой сети самолета, а размещение ее блоков и элементов должно быть удобным для доступа к ним при профилактических осмотрах и ремонте.

Для обеспечения надежной работы самолетной радиолокационной аппаратуры и резкого снижения возможности ее отказа в процессе полета, когда ремонт бывает, как правило, невозможен, в этой аппаратуре применяют надежные детали и элементы, электровакуумные и полупроводниковые приборы с параметрами, стабильными при механических и климатических воздействиях. Блоки хорошо амортизируют, создают условия для их хорошей вентиляции и прогрева. Наружные элементы и блоки аппаратуры тщательно герметизируют.

С радиолокационным вооружением истребительной авиации мы уже познакомились. Ниже рассмотрены в основном радиолокационное вооружение самолетов бомбардировочной, разведывательной и транспортной авиации, система посадки самолетов по приборам и разностно-дальномерные и круговые дальномерно-импульсные навигационные системы.

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ВООРУЖЕНИЕ БОМБАРДИРОВОЧНОЙ АВИАЦИИ

На современных самолетах-бомбардировщиках устанавливаются радиолокационные бомбардировочные прицелы, станции управления реактивным оружием, станции управления кормовым и турельным стрелковым оружием, радиовысотомеры малых и больших высот, аппаратура разностно-дальномерных и круговых дальномерных навигационных систем,

350

аппаратура посадки самолетов по приборам, а также аппаратура системы опознавания.

Самолетные радиолокационные бомбардировочные прицелы. Самолетный радиолокационный бомбардировочный прицел представляет собой станцию кругового обзора, диаграмма направленности антенны которой направлена вниз; с этой целью антенная система бомбприцела устанавливается в нижней части фюзеляжа самолета, благодаря чему достигается хороший радиолокационный обзор местности. Чтобы антенна

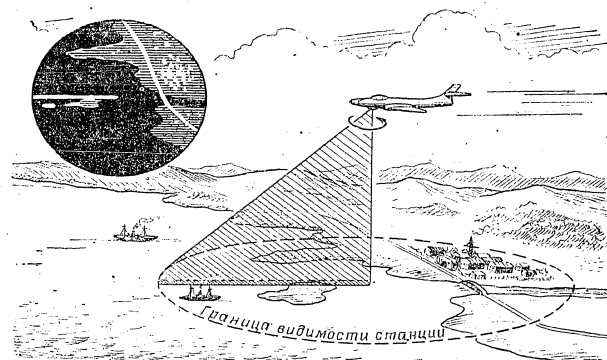


Рис. 194. Диаграмма направленности радиолокационного бомбардировочного прицела. Слева сверху — изображение на экране индикатора местности, просматриваемой бомбприцелом

не нарушала аэродинамических характеристик, ее стараются частично углубить в корпус самолета, а выступающую часть закрывают радиопрозрачным колпаком. Диаграмма направленности антенны имеет небольшую ширину в горизонтальной плоскости и значительный угол раствора в вертикальной плоскости (рис. 194). При круговом вращении антенны происходит последовательное облучение находящейся под самолетом поверхности земли или моря и на экране индикатора, обладающего послесвечением, воспроизводится радиолокационная карта местности.

Водная поверхность изображается на экране темным цветом, так как при зеркальном отражении радиоволн основное отражение направлено в сторону от самолета и интенсивность отраженного сигнала, поступающего на вход бомбприцела,

351

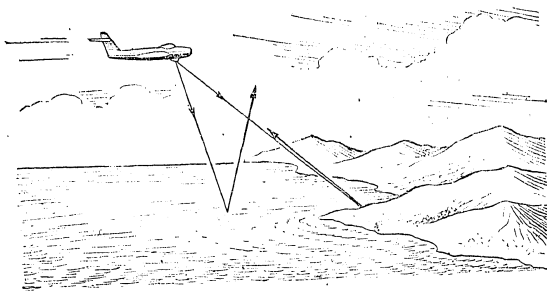


Рис. 195. Отражение радиоволн от поверхности воды и суши

незначительна (рис. 195). Поверхность суши бывает обычно неровной, и сигнал, отраженный от нее в направлении на радиолокационный бомбоприцел, имеет большую интенсивность, поэтому суша изображается светлым фоном. От гор, крупных селений, мостов и других сооружений интенсивность принимаемых отраженных сигналов бывает еще больше. Поэтому горы и крупные искусственные сооружения изображаются на экране индикатора в виде ярких отметок. Наибольшую яркость имеют, как правило, отметки от больших городов (рис. 196).

При помощи современного радиолокационного бомбоприцела можно обнаруживать большие города и другие объекты, хорошо отражающие радиоволны, на расстояниях 100 км и более.

Бомбоприцелы значительно упрощают поиск цели и позволяют производить бомбометание по крупным целям через облака, в туман и ночью, когда в оптический прицел цель не видна. Для увеличения точности бомбометания радиолокационный бомбоприцел снабжен специальным счетно-решающим устройством. В это устройство вводятся текущие координаты цели, а также данные, характеризующие полет самолета, баллистику бомбы, скорость и направление ветра. Прибор выполняет необходимые расчеты и определяет момент сбрасывания бомб. Он вырабатывает так называемую метку бомбардировщика в виде кольца. Пользуясь этой меткой, а также изображением цели на экране индикатора, штурман может точно определить момент сбрасывания бомб.

Для повышения точности бомбометания при полетах самолетов на большой высоте и с высокими скоростями уже в

конце второй мировой войны были разработаны управляемые авиабомбы. Возможность изменения траектории их падения позволяет поражать цели с помощью таких бомб с большей точностью, чем обычными бомбами со свободным падением. Эти бомбы могут иметь как системы телеуправления, так и головки самонаведения. Для наблюдения за бомбой в процессе ее падения может применяться обычный визуальный контроль, что требует продолжительного пребывания бомбардировщика над целью и увеличивает вероятность его поражения средствами ПВО. Поэтому были разработаны телеуправляемые бомбы с телевизионными головками наблюдения, смонтированными в передней части бомбы. Индикаторное устройство такой телевизионной системы находится на борту бомбардировщика, что позволяет экипажу последнего непрерывно наблюдать цель и наводить на нее бомбу. При этом бомбардировщик может находиться на значительном расстоянии от объекта бомбометания.



Рис. 196. Фотография экрана индикатора самолетного радиолокационного бомбоприцела:

1 — населенные пункты; 2 — водоемы; 3 — мосты; 4 — острова; 5 — корабли

Наконец, на управляемых авиабомбах могут применяться полуактивные или активные радиолокационные головки самонаведения или оптические или инфракрасные головки.

Основные параметры радиолокационного бомбоприцела, характеризующие качество его работы,— это разрешающая способность, дальность действия и точность определения координат цели.

Разрешающая способность, обуславливающая различимость цели на фоне отражений от близлежащих объектов, в значительной степени определяет разведывательные свойства бомбоприцела: чем выше разрешающая способность, тем четче изображение на экране индикатора и тем легче найти нужную цель.

Разрешающая способность зависит от длительности излучаемого импульса и ширины диаграммы направленности в горизонтальной плоскости. Однако укорочение импульса связано с уменьшением дальности действия, и при выборе длительности импульса приходится исходить из двух требований — получения достаточной дальности действия и высокой разрешающей способности. Ширина диаграммы направленности, а следовательно, и разрешающая способность по азимуту определяются соотношением между длиной волны и горизонтальными размерами антенны. А так как габариты самолетных антенн нельзя сильно увеличивать, то для повышения разрешающей способности уменьшают длину волны. В современных радиолокационных прицелах она не превышает 3—10 см.

Однако даже радиолокационные бомбоприцелы с высокой разрешающей способностью не всегда могут обнаружить нужную цель либо из-за ее слабой отражающей способности, либо из-за отражений от близлежащих предметов. Поэтому для того, чтобы экипаж бомбардировщика мог уверенно ориентироваться, используя даже сложное радиолокационное изображение местности на экране индикатора бомбоприцела, в район цели перед вылетом бомбардировщика на боевое задание может высылаться разведывательный самолет, который одновременно фотографирует местность и изображение на экране индикатора радиолокационной станции. Наличие этих двух снимков позволяет экипажу бомбардировщика расшифровать получаемое радиолокационное изображение местности, выявить отметку нужной цели и определить ее положение и расстояние относительно близлежащих объектов с хорошей отражающей способностью. Это позволяет производить бомбометание по цели, изображения которой на экране индикатора не видно. Такие полеты практиковались уже в годы второй мировой войны после появления в армиях ряда воюющих стран бомбардировщиков с радиолокационными бомбардировочными прицелами.

Самолетные радиолокационные бомбоприцелы используются и в навигационных целях. В этих случаях экипажи самолетов могут снабжаться радиолокационными картами местности. Такие карты изготавливаются путем фотографирования изображения экранов индикаторов и нанесения на эти фотографии наименования хорошо видимых ориентиров. Составляя такую радиолокационную карту с изображением на экране индикатора, экипаж самолета может легко определить свое местоположение.

К таким радиолокационным картам прибегают обычно лишь тогда, когда трасса самолета проходит над местностью,

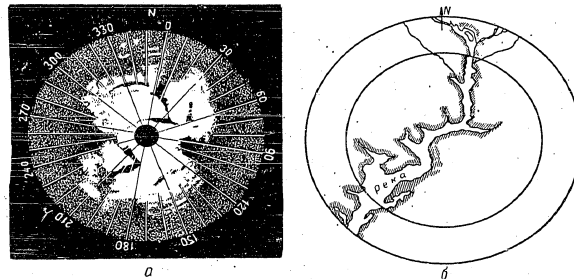


Рис. 197. Наличие четко выраженных наземных ориентиров позволяет легко ориентироваться по изображению на экране радиолокационного бомбоприцела:

а — фотография экранов; б — карта местности

где мало характерных радиолокационных ориентиров. Если же маршрут полета проходит вдоль морского побережья, через водохранилища, крупные города, вблизи больших рек, изображение на экране индикатора бывает настолько наглядным, что экипаж самолета обходится без радиолокационных карт (рис. 197).

Радиолокационные бомбоприцелы применяются и для навигации по сигналам радиолокационных маяков. Такой маяк в отличие от обычного излучает радиосигнал только при приеме им сигнала радиолокационной станции. Поэтому время приема ответного сигнала маяка зависит от расстояния между самолетом и маяком, а следовательно, по сигналам маяка, воспроизводимым на экране индикатора бомбоприцела, можно определить не только направление, но и дальность маяка (рис. 198). Ответный сигнал маяка обычно

посылается на волне, отличной от той, на которой работает радиолокационная станция. Поэтому для приема сигналов маяка бомбоприцелы снабжаются дополнительным приемником или основной приемник бомбоприцела перестраивается на другую волну. Это делается для того, чтобы отраженные от наземных объектов сигналы не закрывали на экране индикатора сигналы маяка, а последние не воспроизводились при нормальной работе бомбоприцела.

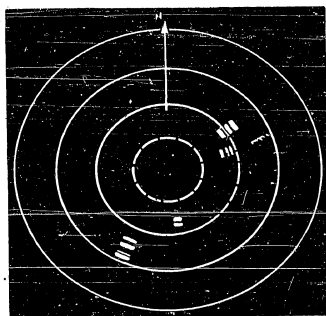


Рис. 198. Сигналы от маяков на экране радиолокационного бомбоприцела. Круги дальности расположены через 30 км

Для распознавания сигналов маяков каждый маяк посылает определенное число ответных сигналов различной длительности.

Таким образом, экипаж самолета-бомбардировщика использует радиолокационный бомбардировочный прицел для самолетовождения по заданному маршруту, вывода самолета в район бомбометания, обнаружения цели, прицельного бомбометания и возвращения на базу.

Станции управления реактивным оружием [13]. Для бомбометания по заданному объекту обычными авиационными бомбами бомбардировщик должен приблизиться к цели на расстоянии, измеряемое в лучшем случае десятками километров. В тех же случаях, когда бомбометание должно быть выполнено с небольшой высоты, точка бомбометания может отстоять от объекта бомбометания всего на несколько сотен метров и самолеты вынуждены преодолевать противовоздушную оборону противника. Это приводит к большим потерям, так как эффективность противовоздушной обороны с появлением различных радиолокационных средств, ракетного и реактивного оружия значительно возросла.

Поэтому на вооружении самолетов-бомбардировщиков ряда стран появился новый вид оружия — управляемые снаряды класса «воздух — земля», или, как их часто называют, «воздух — поверхность» (рис. 199).

Значительная дальность действия таких снарядов позволяет сбрасывать их с самолета, находящегося на большом расстоянии от цели. Это позволяет самолету-носителю поразить цель, не преодолевая системы ПВО объекта, активные

средства которой будут отвлечены к тому же борьбой с управляемым снарядом.

К преимуществам применения таких снарядов следует отнести также и возможность управления их полетом, что увеличивает точность поражения цели.

Если на бомбардировщиках в качестве средств поражения наземных и воздушных целей используются управляемые снаряды, радиолокационная аппаратура служит для обнаружения заданной цели и (когда на снаряде нет средств само-

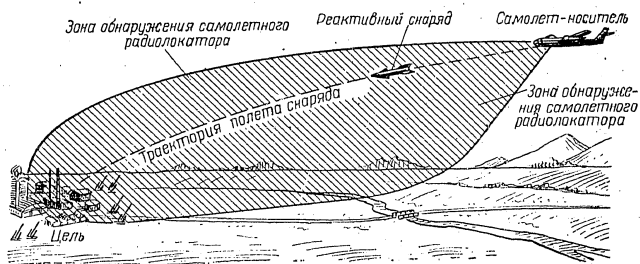


Рис. 199. Применение снарядов класса «воздух — земля» для поражения удаленных целей

наведения) для наблюдения и контроля за полетом снаряда. Поскольку в этой системе также происходит наблюдение за целями, дальность ее действия не может превышать дальности действия средств наблюдения.

Полетом снаряда класса «воздух — земля», как и снарядов других классов, можно управлять методом передачи команд, наведением по радиолучу или при помощи аппаратуры самонаведения.

При применении двух первых методов и полуактивных головок самонаведения требуется, чтобы самолетная радиолокационная станция работала непрерывно и самолет находился в пределах дальности действия системы управления до момента поражения цели. Это повышает вероятность поражения самолета-носителя средствами ПВО, причем при повреждении самолета снаряд может отклониться с нужного курса и цель не будет поражена. С этой точки зрения предпочтительнее активные и пассивные головки самонаведения. Как только снаряд приблизится к цели на расстоянии, равное дальности действия головки, самолет-носитель может прекратить наблюдение за целью и снарядом. Однако головки само-

наведения можно использовать только в тех случаях, когда цель имеет резко выраженную радиолокационную или тепловую контрастность по отношению к окружающей местности. Такими целями для радиолокационных и инфракрасных головок самонаведения могут быть, например, корабли (рис. 200).

Интенсивное тепловое излучение кораблей и некоторых наземных объектов позволяет применять по ним управляемые снаряды с пассивными головками самонаведения, одно из преимуществ которых — скрытность работы.

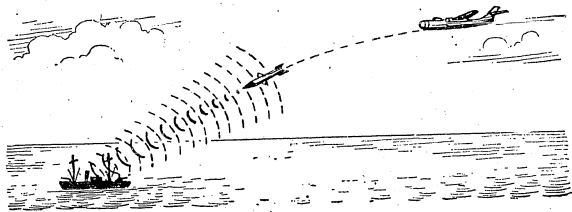


Рис. 200. Применение активного самонаведения для управления снарядами класса «воздух — земля»

Боевая работа расчета станции управления полетом снарядов «воздух — земля» заключается в обнаружении цели, определении момента пуска снаряда и в случае необходимости в контроле за полетами снарядов и управлении ими.

Радиолокационные станции управления стрельбой подвижного оружия. Тяжелые бомбардировщики имеют мощное стрелково-пушечное вооружение, предназначенное для отражения атак истребительной авиации. Это оружие наводится на цель при помощи специальных радиолокационных станций, которые обнаруживают вражеские самолеты, определяют их координаты относительно положения самолета-бомбардировщика и выработывают данные, необходимые для наведения оружия в упрежденную точку (рис. 201). Такие станции имеют два режима работы: обнаружения и сопровождения цели.

При работе в режиме обнаружения станция производит поиск в заданном секторе и надежно обнаруживает вражеские самолеты на дальностях, достаточных для подготовки к стрельбе по обнаруженной цели с максимальной дальности эффективного огня стрелково-пушечного вооружения бомбардировщика.

В режиме сопровождения эти станции определяют текущие координаты выбранной цели. Точность определения выбирается в зависимости от точности стрельбы из наводимого на цель оружия. Дальность действия станции определяется дальностью действительного огня. Разрешающая способность по угловым координатам, как правило, хуже, чем у радиолокационных бомбоприцелов, что в значительной степени объясняется желанием сократить габариты антенн и уменьшить

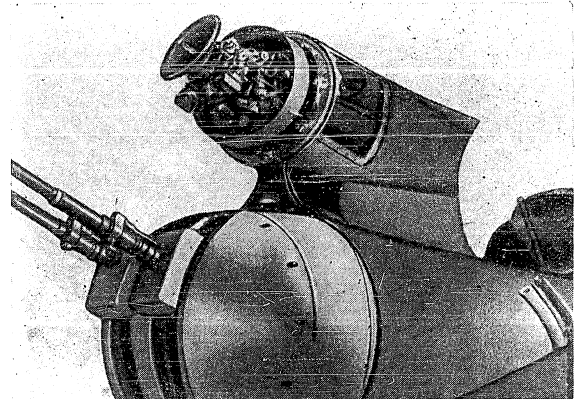


Рис. 201. Хвостовая пушечная установка бомбардировщика и радиолокационная станция управления стрельбой (радиопрозрачный обтекатель с антенны снят)

общий вес станции. В этой станции может быть применено автоматическое сопровождение целей, благодаря чему повышается точность определения координат и уменьшается число людей, обслуживающих станцию в полете.

Большое значение в аппаратуре рассматриваемых станций имеют счетно-решающий прибор, рассчитывающий упрежденные координаты цели, и силовая синхронная передача, служащая для наведения стрелково-пушечного оружия бомбардировщика в нужном направлении при различных маневрах цели и бомбардировщика.

Оборудование самолетов бомбардировочной авиации описываемыми станциями в значительной степени обусловлено тем, что истребители вооружены станциями перехвата и при-

целивания, которые позволяют им обнаруживать бомбардировщики и вести по ним прицельный огонь при отсутствии визуального контакта с целью — ночью и в облаках. Однако существует и другая, не менее важная причина оборудования бомбардировщика такими станциями. Скорости современных самолетов настолько высоки, что неприятельские истребители часто требуется обнаруживать на таком расстоянии, при котором оптические средства оказываются бесполезными даже днем. Кроме того, для точного наведения оружия на цель и открытия огня в нужный момент надо точно знать дальность цели, что наиболее просто выполнить с помощью радиолокационных средств. То же относится и к требованию автоматического сопровождения цели.

Боевой расчет радиолокационной станции управления стрельбой стрелково-пушечного вооружения может состоять из одного человека, в обязанности которого входят наблюдение за экраном индикатора в режиме поиска цели, обнаружение и выбор цели, по которой бомбардировщик должен вести огонь, перевод станции в режим автоматического сопровождения и определение момента открытия огня. Для удобства размещения оператора в самолете аппаратура станции может иметь дистанционное управление.

В некоторых образцах станций этого назначения переход из режима поиска в режим сопровождения осуществляется автоматически самой станцией при обнаружении цели в секторе поиска.

Радиолокационные станции «защиты хвоста». На некоторых типах самолетов-бомбардировщиков устанавливаются радиолокационные станции предупреждения о заходе вражеского самолета с хвоста (станции «защиты хвоста»). Вооружение самолетов этими станциями обусловлено сложностью наблюдения за воздушной обстановкой в задней полусфере даже в условиях хорошей оптической видимости.

Станции предупреждения о заходе с хвоста по тактическому назначению можно отнести к радиолокационным станциям обнаружения. Антенная система станции излучает и принимает сигналы, отраженные от целей, находящихся в некотором заданном секторе. О появлении цели в секторе обнаружения летчик узнает по световому или звуковому сигналу, возникающему при приеме отраженного сигнала и указывающему на необходимость выполнения оборонительного маневра. Угловые размеры сектора обнаружения выбираются с учетом того, что истребитель может атаковать бомбардировщик при определенном взаимном расположении этих самолетов, а также при соответствующем соотношении их скоростей и курсов. Дальность действия станции выбирается так, чтобы летчик бомбардировщика смог совершить необходимый маневр до открытия огня истребителем.

360

Эти станции имеют неподвижную антенную систему, простейшее индикаторное устройство, указывающее лишь на наличие цели в заданном секторе обзора, достаточно просты по конструкции, имеют незначительные вес и габариты. Устанавливаются такие станции на бомбардировщиках, не имеющих стрелково-пушечного вооружения для стрельбы по целям, атакующим бомбардировщик с хвоста.

Приемники «защиты хвоста». Кроме станций защиты хвоста, имеющих в своем составе передающую и приемно-индикаторную аппаратуру и являющихся обычными импульсными

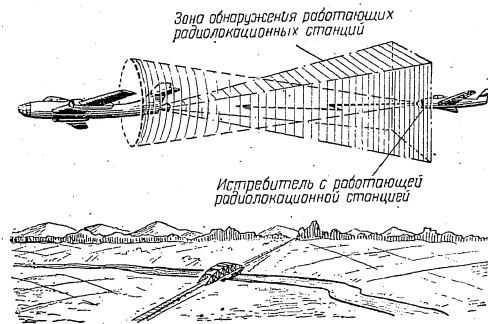


Рис. 202. Принцип действия приемника «защиты хвоста»

радиолокационными станциями, для предупреждения летчика о заходе самолета с хвоста могут использоваться специальные приемники обнаружения работающих самолетных станций. Будучи соединенным с направленной антенной, такой приемник принимает сигналы радиолокационных станций истребителей, зашедших в хвост самолету (рис. 202). Естественно, что такой прибор может обнаружить самолет только с работающей радиолокационной станцией: при выключении станции сигнал предупреждения о заходе самолета в заднюю полусферу пропадет. Простейшим прибором такого типа нельзя измерить и дальность обнаруженных самолетов, поскольку он принимает не отраженные сигналы, а излучаемые в произвольные моменты времени сигналы вражеской станции. Поэтому для грубой ориентировки летчика о дальности приближающегося самолета чувствительность приемника регулируют так, чтобы принимаемые им сигналы включали приборы предупреждения (звуковые или световые) лишь при

361

приближении самолета на опасную дистанцию. Приемники «защиты хвоста» должны быть достаточно широкодиапазонными, чтобы принимать сигналы вражеских станций при их работе на различных волнах.

Такие приемники работают автоматически и не требуют увеличения экипажа самолета для их обслуживания. Они очень компактны, обладают небольшим весом и потребляют мало энергии, так что их можно размещать не только на бомбардировщиках, но и на истребителях.

Описанные приемники могут использоваться и для предупреждения экипажа о пересечении самолетом границы зоны обнаружения наземных радиолокационных станций. Для этого антенные системы приемников устанавливаются в пе-

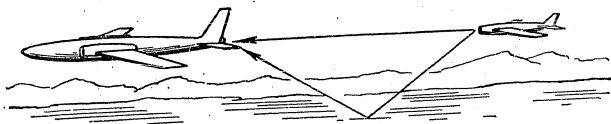


Рис. 203. Принцип действия станции «Падар»

редней части фюзеляжа самолета, что обеспечивает прием сигналов станций обнаружения, расположенных на маршруте полета самолета.

В заключение укажем, что за последнее время в иностранной печати [14] появилось сообщение о разработке комбинированного приемника «защиты хвоста», который позволяет определять не только наличие самолета в задней полусфере бомбардировщика, но и определять направление и дальность до вражеского самолета с работающей радиолокационной станцией. В такой аппаратуре, получившей название «Падар», для определения направления на цель используется узкая приемная диаграмма направленности, а для измерения дальности определяется направление прихода прямого и отраженного от земли сигналов радиолокационной станции вражеского самолета и разность моментов прихода этих сигналов (рис. 203). Эти данные вводятся в счетно-решающий прибор, который и определяет координаты самолета, находящегося в задней полусфере цели.

Радиолокационные высотомеры. Говоря о радиолокационном вооружении истребителей, мы упоминали о назначении и принципе работы устанавливаемых на них высотомеров малых высот.

Самолеты бомбардировочной и транспортной авиации, кроме высотомеров малых высот, используемых, как правило, при посадке, оборудуются также и радиолокационными вы-

томерами больших высот, применяемыми для определения истинной высоты на всем маршруте полета самолета. Такие высотомеры обычно бывают импульсными радиолокационными станциями, поскольку непрерывный метод излучения и основанное на нем измерение высоты путем периодического изменения частоты излучаемого сигнала по ряду причин оказываются нецелесообразными. В частности, для получения требуемой точности измерения высоты при больших высотах полета пришлось бы изменять частоту излучаемого сигнала в больших пределах, что вызвало бы усложнение аппаратуры.

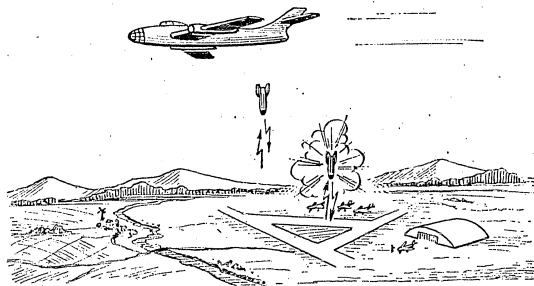


Рис. 204. Прием отраженного сигнала обеспечивает взрыв бомбы на заданной высоте

Работают радиолокационные высотомеры автоматически и в процессе полета не требуют регулировки и настройки. В качестве индикаторов в них применяются обычно стрелочные приборы, размещаемые на приборной доске в месте, удобном для наблюдения.

Бомбовые радиолокационные взрыватели. Для взрыва бомбы на определенной высоте относительно поверхности земли или моря могут использоваться бомбовые радиолокационные взрыватели (рис. 204). По принципу действия они ничем не отличаются от взрывателей зенитных снарядов. Излучаемые взрывателем колебания отражаются от земли или водной поверхности и принимаются, причем интенсивность их по мере приближения бомбы к земле увеличивается. При достаточной интенсивности отраженных сигналов происходит срабатывание взрывателя и подрыв бомбы. Высота взрыва бомбы может устанавливаться различной в зависимости от калибра бомбы и регулируется изменением чувствительности приемного устройства.

ИМПУЛЬСНЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА

Выше уже упоминалось об использовании радиолокационных бомбардировочных прицелов в навигационных целях. Познакомимся теперь с другими навигационными средствами, применяемыми в ряде стран для самолетовождения.

Разностно-дальномерные (гиперболические) навигационные системы используются самолетами бомбардировочной, разве-

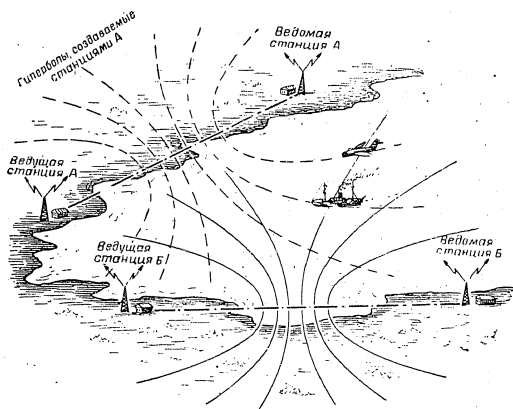


Рис. 205. Принцип действия разностно-дальномерной навигационной системы

дывательной и транспортной авиации для навигации на больших расстояниях. Наземное оборудование системы состоит из двух или более пар передатчиков, работающих в импульсном режиме. Каждая пара состоит из ведомой и ведущей станций (рис. 205); ведущая станция синхронизирует частоту повторения импульсов данной пары станций. Таким образом, все четыре наземных передатчика системы работают на одной волне, но каждая пара станций имеет свою строго фиксированную частоту повторения импульсов. На самолете устанавливается только приемно-индикаторное устройство.

Методом определения местоположения самолета эта система несколько напоминает фазовую разностно-дальномерную систему.

364

Оператор самолетного оборудования, настроив приемник на несущую частоту наземных передатчиков, настраивает индикаторы на частоту повторения импульсов одной из пар наземных станций. Затем он определяет разность во времени приема импульсов от ведущей и ведомой станций данной пары, после чего, настроившись на частоту повторения импульсов второй пары наземных станций, находит разность во времени их приема. В дальнейшем он пользуется специальными картами, на которых нанесены две группы кривых, соответствующие определенным значениям разности в приеме сигналов первой и второй пар станций. Эти кривые — гиперболы, в фокусах которых расположены ведущая и ведомая станции пары.

Пользуясь данными, полученными при приеме сигналов первой пары станций, оператор устанавливает, на какой из гипербол первой группы кривых находится самолет. Затем по разности в приеме сигналов станций второй пары он находит соответствующую гиперболу из семейства кривых, вычерченных для этой пары. Точка пересечения двух гипербол укажет положение самолета в данный момент времени (см. рис. 205).

На практике два ведущих передатчика двух пар станций системы очень часто конструктивно объединяются в одну станцию, излучающую радиопульсы с двумя частотами повторения, соответствующими частотам первой и второй пар станций. Принцип работы такой системы из трех наземных станций ничем не отличается от только что рассмотренного.

Количество станций в системе и их географическое положение выбираются в основном в зависимости от того, в каком районе надо получить наибольшую точность определения местоположения, так как последняя зависит от величины угла, под которым пересекаются кривые двух систем гипербол: чем ближе угол пересечения к прямому, тем выше точность.

Разностно-дальномерные системы, работающие в диапазоне длинных волн, обладают большой дальностью действия — до нескольких тысяч километров. Ошибка в определении местоположения при этом составляет на предельных дальностях не более нескольких десятков километров. Такая относительно высокая точность определения координат объясняется тем, что при навигации с помощью этой системы определяется не направление на ориентир, а время прохождения радиосигнала.

К преимуществу системы относится и ее неограниченная пропускная способность: в зоне действия системы может осуществляться одновременная навигация какое угодно число самолетов, кораблей и подводных лодок.

Еще одно важное преимущество этой системы, выгодно отличающее ее от фазовой разностно-дальномерной системы:

365

для определения местоположения самолета не требуется предварительной привязки самолета к известной точке на местности и последующей непрерывной работы самолетной и наземной аппаратуры. При использовании описанной системы бортовую аппаратуру можно включать лишь на короткое время, требующееся для приема сигналов наземных станций и для необходимых измерений.

Круговые дальномерные системы навигации и бомбометания. Для навигации самолетов на дальностях, не превышающих нескольких сотен километров, и обеспечения бомбоме-

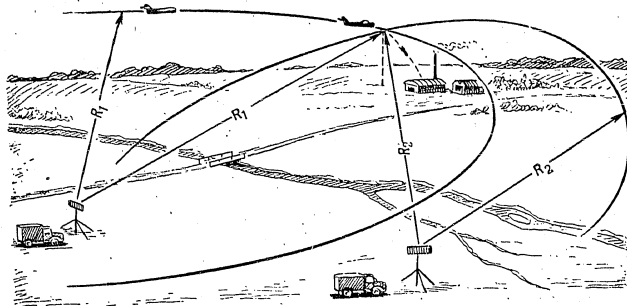


Рис. 206. Вывод бомбардировщика на цель с помощью круговой дальномерной системы

тания даже по небольшим неподвижным объектам, обладающим малой радиолокационной контрастностью, используют так называемые круговые дальномерные системы навигации и бомбометания. Принцип работы их следующий.

На земле в пунктах, координаты которых известны, устанавливаются две станции, работающие по принципу радиолокационных маяков, т. е. посылающих ответные импульсные радиосигналы только в случае приема запросных сигналов.

Самолеты оборудуются аппаратурой, необходимой для регулярного запроса наземных станций, приема и регистрации ответных сигналов.

По времени приема ответных сигналов, измеряемому относительно момента посылки сигнала запроса, штурман самолета может определить дальность каждой наземной станции. Зная положение этих станций на местности и отложив их дальность на карте, он может найти положение самолета.

При выводе бомбардировщика для бомбометания по цели,

координаты которой известны, поступают следующим образом (рис. 206). По карте определяют расстояние от наземных станций до цели. Затем летчик ведет самолет на цель по кривой, проходящей через нее и представляющей собой дугу окружности, центр которой находится в точке расположения одной из наземных станций, а радиус равен расстоянию между этой станцией и целью. Самолет удерживается на этой кривой с помощью индикатора самолетного оборудования, указывающего летчику на изменение дальности наземной станции и, следовательно, на отклонение самолета от заданного курса.

По ответным сигналам второй наземной станции летчик узнает о приближении к цели и сбрасывает бомбы при пролете над ней. Бомбы могут сбрасываться по команде штурмана или автоматически в момент, когда расстояние от самолета до второй наземной станции становится равным расстоянию от цели до этой станции. Расстояние от самолета до станции непрерывно измеряется аппаратурой, а расстояние от цели до станции предварительно вводится в схему совпадения, определяющую момент равенства расстояний от наземной станции до цели и до самолета с учетом высоты полета последнего и условий бомбометания.

Круговая дальномерная система обеспечивает очень высокие точности бомбометания даже по небольшим целям — мостам, дамбам, плотинам. Однако цели эти должны быть неподвижными, а их координаты — заранее известными, топографически привязанными к координатам наземных станций.

С двумя наземными станциями может одновременно работать некоторое ограниченное число самолетов, так как при большом числе запросов наземных станций передатчики их перегружаются, так как увеличивается частота посылок ответных сигналов, что приводит к перегрузке генераторных и модуляторных ламп передатчика и источников питания станции.

Приводные радиолокационные станции. Рассматривая работу радиолокационных бомбардировочных прицелов, мы уже упоминали о возможности их совместной работы с наземными приводными станциями — радиолокационными маяками, устанавливаемыми на аэродромах и позволяющими определить направление и дальность аэродрома.

Кроме описанных радиолокационных маяков, существует и другой вид приводных станций, используемых преимущественно в транспортно-десантной авиации при полетах над территорией противника. Конструктивно такая станция оформляется в виде небольшой компактной установки, которую при необходимости можно сбросить на парашюте в нужном районе.

Работают приводные станции по принципу радиолокационного маяка (рис. 207). На самолете устанавливается аппаратура, которая посылает запросный сигнал и принимает ответный, регистрируя при этом время, прошедшее с момента излучения запросного сигнала до момента приема ответного сигнала, и направление, с которого принят сигнал маяка. Это позволяет летчику транспортно-десантной или бомбардировочной авиации, руководствуясь положением ответных сигналов на экране индикатора радиолокационного бомбардиров-

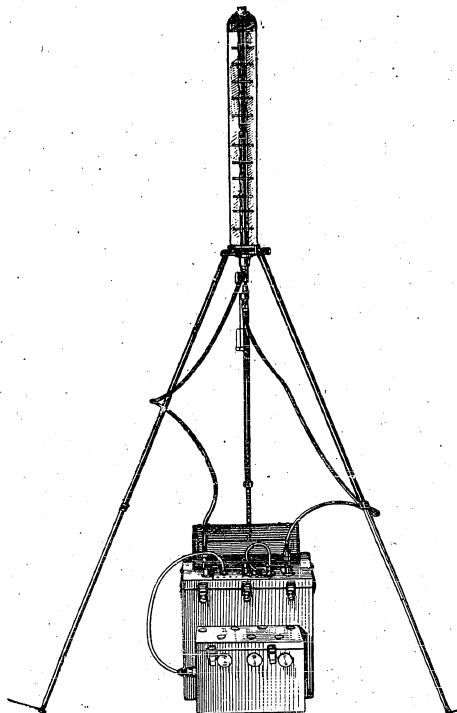


Рис. 207. Портативная приводная станция

щика или специальной станции, постоянно иметь данные о направлении и дальности до места назначения.

Наземная приводная станция представляет собой радиолокационный ответчик, приемник которого принимает и усиливает сигнал запроса. Под действием принятого импульса включается передатчик станции, посылающий ответный сигнал.

Такие станции, направление и дальность которых нетрудно определить, облегчают вывод самолета к месту посадки или сброса на парашютах необходимых грузов.

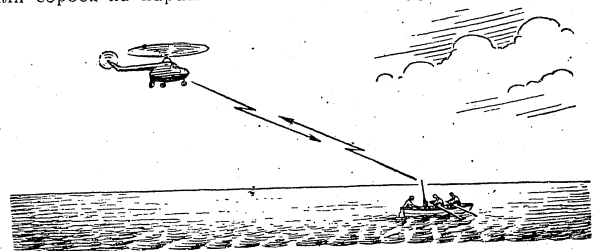


Рис. 208. Применение маяка-ответчика на спасательной лодке позволяет обнаружить лодку и определить ее координаты на значительном удалении

Большую помощь оказывает также применение радиолокационных маяков при поиске спасательных лодок с экипажами потерпевших аварию самолетов и кораблей. Для этого спасательные лодки оснащаются портативными и потребляющими мало энергии радиолокационными маяками, ориентируясь на которые самолет, вертолет или корабль может обнаружить лодку и определить ее направление и дальность (рис. 208). При применении радиолокационного маяка значительно возрастает дальность обнаружения небольших спасательных лодок и ботов, отраженный сигнал от которых имеет, как правило, небольшую интенсивность и может быть не обнаружен среди более мощных сигналов волнующейся поверхности моря.

АВИАЦИОННЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ПРИБОРЫ

Кроме рассмотренных нами средств самонаведения, инфракрасная аппаратура может применяться также в качестве:

- наземных маяков;
- самолетных средств наблюдения за наземными и воздушными источниками инфракрасных лучей;

- самолетных пеленгаторов;
- приборов опознавания;
- приборов фотографирования.

Наземные инфракрасные маяки могут применяться для обозначения аэродромов и оборудования трасс полетов. Летчики самолетов, оснащенных приборами обнаружения источников инфракрасных лучей, могут, используя наземные инфракрасные маяки, вести самолеты по заданному маршруту и выводить их в район заданного аэродрома. Инфракрасные прожекторы используются также для обозначения взлетно-посадочной полосы в условиях светомаскировки. Портативные инфракрасные маяки могут применяться для вывода самолета в район десантирования грузов или парашютного десанта.

Самолетные средства наблюдения служат как для обнаружения наземных навигационных средств и определения направления на них, так и для обнаружения различных боевых средств и техники противника. С помощью этих средств можно обнаруживать корабли, автомобили, танки и другие виды боевой техники, излучающей инфракрасные лучи. Установленные на бомбардировщиках инфракрасные средства позволяют обнаруживать в условиях светомаскировки такие военно-промышленные объекты, как металлургические заводы, теплоэлектростанции и другие предприятия, излучающие много тепла.

Самолетные инфракрасные пеленгаторы предназначаются для точного определения направления на наземный источник инфракрасных лучей. Они могут применяться и для определения направления на воздушные цели, также обычно являющиеся интенсивными источниками тепловых лучей.

Инфракрасная аппаратура опознавания используется для определения государственной принадлежности самолетов. Составляет она из самолетного излучателя и приемника инфракрасных лучей и действует на достаточно больших расстояниях.

Приборы инфракрасного фотографирования применяются для разведки поля боя и территории противника. Лучшее по сравнению с видимыми лучами прохождение инфракрасных лучей через дымку и туман позволяет фотографировать местность в дневных условиях на расстояниях, значительно превышающих дальность действия обычных фотоаппаратов.

АВТОНОМНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ

Описанные выше импульсные радионавигационные средства наряду с положительными качествами имеют и недостатки, связанные с самим принципом их работы. Действи-

тельно, работа самолетной аппаратуры основана на приеме радиосигналов наземных станций, что ограничивает дальность ее действия. Кроме того, если наземная аппаратура выйдет из строя или ее сигналы перестанут проходить вследствие ухудшения условий распространения радиоволн либо из-за помех, экипаж самолета лишится возможности определить местоположение самолета и вывести его в нужный район.

Поэтому ученые и инженеры в разных странах долго работали над созданием автономной навигационной аппаратуры, которая могла бы работать без связи с наземными станциями.

Первым шагом к решению этой задачи было использование для навигации радиолокационных бомбоприцелов. Однако они могут применяться лишь в тех случаях, когда на ней имеются радиолокационные ориентиры. Но как, например, использовать радиолокационный бомбоприцел в качестве навигационного прибора, если самолет летит над морем, сплошным ледяным полем или пустыней, где вообще нет никаких ориентиров?

Применение компаса и приборов для определения воздушной скорости (скорости самолета относительно воздушной среды) тоже не обеспечивает точной автономной навигации, так как не позволяет определить истинный маршрут самолета: ветер, скорость и силу которого эти приборы не определяют, влияет на направление и скорость полета самолета (рис. 209). Поэтому для определения действительного маршрута полета и положения самолета необходимо знать его путевую скорость (скорость относительно земли) и угол сноса, возникающий под действием ветра. Умножив путевую скорость на время полета, можно найти расстояние, которое пролетел самолет, а учтя

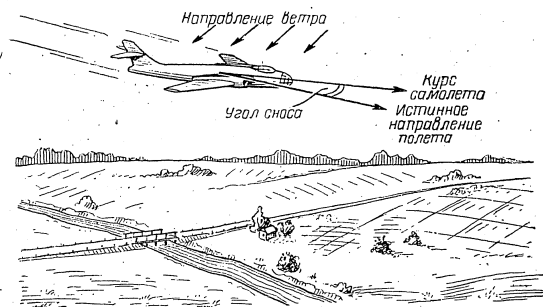


Рис. 209. Ветер влияет на направление и скорость полета самолета

угол сноса,— действительное направление его полета в каждый момент времени. Совместное использование этих двух величин обеспечивает прокладку на карте истинного маршрута полета с учетом влияния на полет самолета встречного и бокового ветра.

Определение путевой скорости и угла сноса, а следовательно, и решение проблемы точной автономной навигации обеспечивается применением разработанных, как сообщается в заграничной печати, специальных радиолокационных навигационных станций, работающих по принципу использования эффекта Доплера. С этим физическим явлением читатель встречался в разделе, посвященном описанию работы ра-

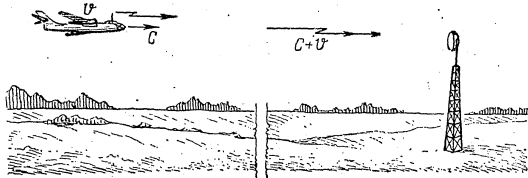


Рис. 210. При полете самолета к пункту приема к скорости распространения радиоволн c добавляется скорость самолета v .

диолокационных взрывателей зенитных снарядов. Заключение оно в изменении частоты сигнала, излучаемого или принимаемого объектом, движущимся вдоль линии распространения этого сигнала или имеющим составляющую скорости, совпадающую с этой линией. При этом частота изменяется пропорционально составляющей скорости объекта, совпадающей с линией распространения сигнала: чем больше скорость, тем значительнее изменение частоты сигнала. При движении объекта в направлении, перпендикулярном линии распространения сигнала, частота не изменяется.

Это явление легко пояснить с помощью следующих математических соотношений.

Как известно, частота электромагнитных колебаний f связана со скоростью их распространения c и длиной волны λ соотношением

$$f = \frac{c}{\lambda}.$$

Если источник электромагнитных колебаний приближается к пункту приема этих колебаний со скоростью v , то скорость распространения сигнала будет равна сумме скоростей распространения электромагнитных колебаний и движения их источника (рис. 210), т. е. суммарная скорость будет равна $c + v$.

Следовательно, приемник зарегистрирует сигнал с частотой уже не f , а f' , равной

$$f' = \frac{c + v}{\lambda}.$$

Разность частотами этих двух сигналов будет составлять

$$\Delta f = f' - f = \frac{c + v}{\lambda} - \frac{c}{\lambda} = \frac{v}{\lambda}.$$

Из этой формулы следует, что изменение частоты сигнала пропорционально скорости движения источника колебаний вдоль линии распространения этого сигнала. Это соотношение указывает также и на то, что при движении источника излу-

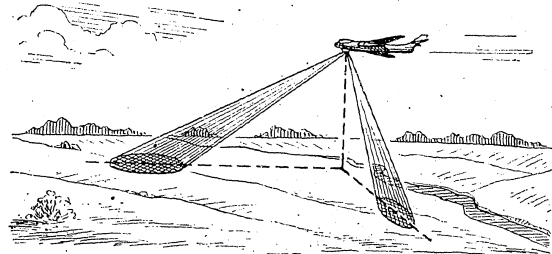


Рис. 211. Автономная навигационная станция, работающая по принципу использования эффекта Доплера, излучает два радиолуча

чения в направлении, перпендикулярном линии распространения колебаний, изменения частоты не произойдет.

Выведенное нами соотношение относится к случаю, когда движется источник колебаний, а приемник неподвижен. Однако, проведя аналогичные рассуждения, читатель легко может убедиться в том, что это соотношение справедливо и в том случае, если движется приемник, а источник колебаний неподвижен.

Радиолокационные навигационные станции, действующие по этому принципу, работают обычно в режиме непрерывного излучения, посылая радиоволны несколькими узкими лучами (рис. 211). Эти лучи направлены под некоторым углом к поверхности земли, причем в случае применения двух лучей один из них лежит в вертикальной плоскости, совпадающей с продольной осью самолета, а другой — в вертикальной плоскости, перпендикулярной ей. Первый радиолуч используется для определения путевой скорости, а второй — для измерения угла сноса.

Рассмотрим сначала, как определяется путевая скорость (рис. 212). При движении самолета частота попадающих на поверхность земли радиосигналов первого луча, лежащего в плоскости движения самолета, изменяется тем больше, чем выше скорость самолета.

Затем радиосигнал проходит обратный путь: отраженные от земной поверхности сигналы достигают самолета и принимаются радиолокационной станцией. При этом происходит вторичное изменение частоты сигнала, также пропорциональное скорости самолета. Таким образом, частота излучаемого станцией сигнала претерпевает двойное изменение, и, что самое главное, это изменение оказывается пропорциональным скорости самолета. Поэтому, измерив отклонение частоты при-

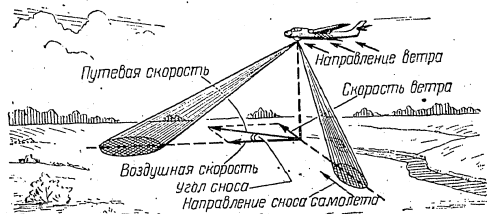


Рис. 212. Изменение частоты второго луча при возникновении сноса самолета

маемого сигнала от сигнала, излучаемого самолетной станцией, можно определить скорость самолета относительно земли. Все эти измерения производятся автоматически, и данные о разности частот сигналов непрерывно вводятся в счетно-решающее устройство, которое вычисляет путь, пройденный самолетом.

Однако этих данных еще недостаточно для прокладки маршрута полета и определения местоположения самолета, так как остается неизвестным направление полета. Для получения сведений о направлении движения и используется второй радиолуч станции, лежащий в плоскости, перпендикулярной курсу самолета.

Пока направление полета совпадает с продольной осью самолета и боковой снос самолета отсутствует, частота принимаемых отраженных радиосигналов второго радиолуча не изменяется и остается равной частоте излучаемого сигнала. Но как только под действием ветра самолет начнет сноситься в сторону (рис. 212), возникнет и перемещение самолета в плоскости второго луча. К скорости сигнала добавится скорость

сноса самолета, что приведет к изменению частоты отраженного сигнала. По величине этого изменения можно найти скорость, а следовательно, и угол сноса самолета.

Таким образом, применение двух радиолучей позволяет непрерывно измерять путевую скорость и угол сноса, что можно использовать для прокладки маршрута самолета, и определять его положение, для чего необходимо только по показанию компаса определять курс самолета.

В заключение отметим, что такие станции могут иметь в действительности не два, а четыре и даже восемь лучей. Однако принцип работы станции при этом не изменяется, увеличивается лишь точность ее работы.

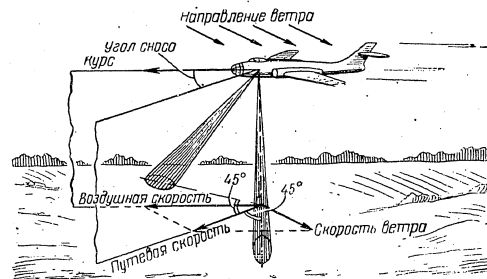


Рис. 213. Определение угла сноса и путевой скорости с помощью навигационной станции с вращающимися радиолучами

В других случаях антенны самолетной станции, создающие два радиолуча, делаются подвижными и угол сноса самолета определяется путем их вращения вокруг вертикальной оси до тех пор, пока изменение частоты отраженных сигналов, принимаемых двумя антеннами, не станет одинаковым. Такое равенство двух частот получится тогда, когда оба луча будут находиться под одинаковым углом к направлению путевой скорости (т. е. симметрично относительно истинного направления полета), так как только при этом составляющие скорости, проектируемые на плоскости, в которых происходит распространение радиоволн, будут одинаковыми (рис. 213).

Антенная система станции вращается двигателем, приводимым в движение автоматически действующим устройством, которое реагирует на разность в частотах поступающих входных сигналов. При разных частотах сигналов автоматически создается сигнал ошибки, который поворачивает антенну до тех

пор, пока частоты сигналов не станут равными и сигнал ошибки не исчезнет. При изменении угла сноса частоты опять сделаются разными и двигатель вновь повернет антенны на нужный угол. При этом угол между продольной осью самолета и средней линией между антеннами будет равен углу сноса самолета. Путевая скорость самолета определяется в этом случае по абсолютному изменению частоты отраженного сигнала.

Как указывается в литературе, оборудование самолетов описанными навигационными радиолокационными станциями упрощает самолетовождение по заданному маршруту, повышает точность выхода в заданный район и значительно облегчает работу штурмана самолета, так как маршрут может прокладываться такими станциями автоматически и задача экипажа в основном сводится к удержанию самолета на курсе, при котором истинный маршрут самолета совпадает с заданным.

СИСТЕМЫ ПОСАДКИ САМОЛЕТОВ ПО ПРИБОРАМ

Применение радиолокационных и радионавигационных средств в военно-воздушных силах расширило возможности боевой и транспортной авиации, позволив самолетам летать в сложных метеорологических условиях — при сплошной и низкой облачности, в дождь, снегопад. Но для бесперебойной воздушной навигации в этих условиях указанных средств недостаточно. Кроме вывода самолетов в район расположения нужного аэродрома, летчик должен найти аэродром, снизиться и совершить посадку. Для этой цели была разработана аппаратура посадки самолетов по приборам в сложных метеорологических условиях и ночью, называемая иногда аппаратурой «слепой» посадки самолетов.

В настоящее время существует несколько типов аппаратуры этого назначения. Рассмотрим некоторые, наиболее характерные из них.

Система посадки по показанию самолетных приборов, называемая иногда системой посадки самолетов с заданием линии планирования по приборам, представляет собой сложный комплекс радиолокационных, радиопелегационных, радиосвязных и светотехнических средств. Она используется для привода самолетов в район аэродрома, наблюдения за полетами в районе аэродрома, передачи самолетам команд по радио, управления полетом самолетов при заходе на посадку, а также для снижения самолета до определенной высоты, при которой летчик может увидеть посадочные огни и осуществить визуальное приземление.

Принцип действия этой аппаратуры состоит в следующем (рис. 214).

Самолет, вышедший в район аэродрома с помощью приводных радиостанций, самолетного радиолокационного бом-

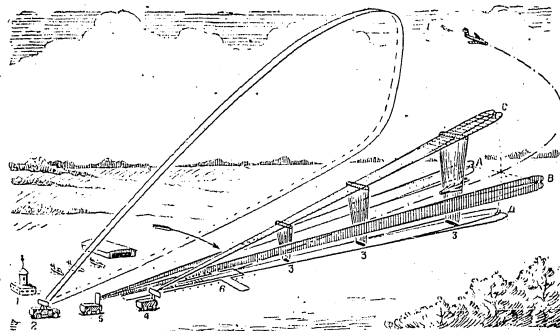


Рис. 214. Схема размещения аппаратуры посадки самолетов по приборам: 1 — диспетчерский пункт; 2 — диспетчерская радиолокационная станция; 3 — маркерные радиомаяки; 4 — курсовой радиомаяк (СД — равносигнальная зона курсового маяка); 5 — курсовой маяк (АВ — равносигнальная зона курсового маяка); 6 — светотехнические средства

бардировочного прицела или других навигационных средств, попадает в зону действия наземной обзорной радиолокационной станции и обнаруживается ею. Выносной индикатор кругового обзора этой станции устанавливается на диспетчерском пункте. Диспетчер наблюдает всю воздушную обстановку в районе аэродрома и заблаговременно дает необходимые указания летчикам о порядке посадки приближающихся самолетов. Для индивидуального опознавания самолетов он может использовать автоматический радиопеленгатор, указывающий направление на самолет, с которым поддерживается радиосвязь.

Сравнивая направление, указываемое радиопеленгатором, с расположением отраженных сигналов на индикаторе кругового обзора станции, диспетчер может опознать сигналы от самолетов и установить местоположение самолета, с которым он поддерживает радиосвязь. Для облегчения работы диспетчера может применяться схема, при помощи которой сигналы автоматического радиопеленгатора воспроизводятся непосредственно на экране индикатора радиолокационной станции кругового обзора (рис. 215).

С помощью этих средств диспетчер оценивает воздушную обстановку и определяет ориентировочный порядок посадки приближающихся самолетов, направляя при необходимости часть из них в зону ожидания.

Для контроля за полетами самолетов в непосредственной близости от аэродрома и в период их захода на посадку в со-

став аппаратуры посадки введена вторая радиолокационная станция кругового обзора — диспетчерская. Она обладает повышенной разрешающей способностью и позволяет определять координаты самолетов с большей точностью, чем обзорная станция, что имеет решающее значение при управлении полетами в ближней зоне, характеризующейся высокой интенсивностью движения самолетов.

При посадке самолетов по приборам используются наземные маркерные, курсовые и глиссадные радиомаяки, наземный ретранслятор-дальномер и соответствующее самолетное оборудование для приема и индикации сигналов наземных станций.

Маркерные маяки, представляющие собой небольшую передающую радиостанцию, служат для указания летчику («маркирования») моментов времени, когда самолет, идя на посадку, пролетает над определенными пунктами. В системе посадки часто бывает три таких радиомаяка, расположенных вдоль линии, служащей продолжением взлетно-посадочной полосы. Антенны этих маяков излучают радиосигналы вертикально вверх, благодаря чему самолет принимает сигналы маяка только в том случае, когда он находится над соответствующим маяком. Каждый радиомаяк излучает сигналы определенного вида, что позволяет летчику определить момент пролета над каждым из маяков и с помощью радиовысотомера выдержать требуемый темп снижения при заходе на посадку.

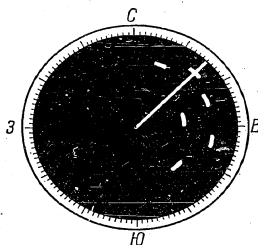


Рис. 215. Появление на экране индикатора кругового обзора сигнала автоматического радиопеленгатора позволяет по совпадению светлой полосы с сигналом от самолета установить, какому из самолетов соответствует каждая из отметок (светлая полоса указывает направление, откуда приходит радиосигнал от самолета, с которым поддерживается связь)

378

Правильный курс при заходе на посадку и в момент снижения летчик определяет по сигналам курсового радиомаяка. Антенна этого маяка создает два радиолуча, образующих вертикальную равносигнальную зону, совпадающую с направлением взлетно-посадочной полосы (см. рис. 214). Отклонение самолета от равносигнальной зоны влево или вправо сразу же отражается на соответствующем самолетном приборе, поэтому летчик может выдерживать правильный курс, даже не видя взлетно-посадочной полосы.

Для расчета скорости снижения самолета и контроля за ней применяется глиссадный радиомаяк, радиолучи которого образуют наклонную равносигнальную зону, совпадающую с требуемой

траекторией снижения самолета (глиссадой). Отклонение самолета от этой кривой вниз или вверх регистрируется прибором, размещенным в кабине летчика, и таким образом регулируется скорость снижения самолета.

Для облегчения работы летчика курсовой и глиссадные самолетные индикаторы можно объединить в один комбинированный индикаторный прибор (рис. 216). В этом приборе индикация положения самолета осуществляется с помощью рычажков, один из которых — указатель глиссиды — перемещается параллельно горизонтальной осевой линии, а другой — указатель курса — параллельно вертикальной осевой линии. Задача летчика сводится к удержанию самолета на линии планирования, при которой указатели индикатора совпадут с изображенными на приборе горизонтальной и вертикальной линиями.

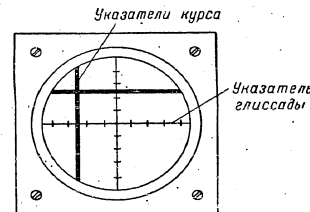


Рис. 216. Общий вид совмещенного самолетного индикатора посадки

Дальность точки приземления летчик определяет три мощи самолетного радиодальномера, работающего с наземным ретранслятором.

Таким образом, при помощи описанной системы средств посадки по приборам можно определить момент времени, когда надо начать снижение, выдержать требуемый курс и по заданной кривой снизиться до высоты в несколько десятков метров. После этого летчик приземляется визуально, для чего в ночных условиях используются светотехнические средства.

Система посадки по командам с земли. В рассмотренной выше системе посадки летчик сам определяет действительное положение своего самолета и, руководствуясь показаниями самолетных приборов, управляет полетом в процессе снижения. Существуют и другие системы посадки самолетов по приборам, в которых положение самолета указывается на индикаторах не самолетной, а наземной аппаратуры управления посадкой и для управления снижением самолетов сигналы передаются по радио с земли.

В этом случае на аэродроме устанавливается специальная посадочная радиолокационная станция (рис. 217); состоящая как бы из двух станций секторного обзора — курсовой и глиссидной. Курсовая станция предназначена для определения положения самолета относительно плоскости посадочного курса и для непрерывного наблюдения за воздушной обстановкой в секторе, где снижается самолет. Глиссидная станция служит

379

для непрерывного контроля за положением самолета относительно плоскости снижения (планирования). При помощи этой станции можно непрерывно контролировать положение самолета относительно линии планирования. Одновременно посадочная станция позволяет определять дальность самолета относительно начала взлетно-посадочной полосы. Управление посадкой самолета осуществляется в этом случае с наземного пункта подачи через радиосвязные станции команд «Влево», «Вправо», «Вверх» и «Вниз».

Для уменьшения веса, габаритов и снижения потребляемой мощности в посадочной радиолокационной станции часто используются один передатчик, один приемник и ряд общих блоков для курсовой и глиссадной станций; через определенные короткие промежутки времени эти блоки автоматически переключаются. Антенная и индикаторная аппаратура в каждой станции раздельная.

Основное требование к станциям рассматриваемого типа — высокая точность определения угловых координат снижающихся самолетов. Такая точность достигается работой станции в сантиметровом диапазоне волн, в котором достигаются очень узкие диаграммы направленности и исключается влияние земли. Секторный обзор заданного пространства осуществляется путем электрического качания лучей обеих антенн. Отражатели антенн крепятся на основаниях, обеспечивающих их медленный поворот по мере приближения самолета, благодаря чему последний все время находится в рабочем секторе станции.

Одно из преимуществ системы управления посадкой самолетов по командам с земли перед системой управления посад-

кой по показанию самолетных приборов заключается в том, что она не требует оснащения самолетов специальными приборами. Это позволяет использовать систему для посадки небольших самолетов (например, истребителей), установка дополнительных приборов на которых нежелательна. В системе посадки по командам с земли проще наземное (аэродромное) посадочное оборудование.

Однако описываемая система не лишена и недостатков. Главный из них — тот, что действия летчика зависят от работы оператора наземного пункта управления: летчик не может самостоятельно определять степень отклонения самолета от требуемой линии планирования и принимать соответствующие решения.

Автоматизация посадки самолетов. Обе рассмотренные системы посадки самолетов требуют участия в снижении самолета либо одного летчика, либо летчика и оператора наземного пункта управления. Следовательно, не исключена возможность возникновения ошибок, которые могут привести к тяжелым последствиям. Такая возможность особенно возрастает при усталости летчиков, возвращающихся с боевых заданий, или операторов, несущих длительное напряженное дежурство.

Поэтому целесообразно полностью автоматизировать снижение самолета, исключив из этого процесса людей и заменив их автопилотом. Такая возможность вполне реальна при использовании для этой цели радиолокационных средств. В автоматической системе посадки наземные радиолокационные средства будут определять положение самолета, счетно-решающее устройство — вычислять ошибку положения самолета относительно заданной линии планирования, радиосредства — передавать сигналы управления на автопилот, а последний — управлять снижением самолета.

Принципиально автопилот, управляемый сигналами с наземного пункта, может обеспечить снижение самолета вплоть до момента приземления. Однако точность современных радиолокационных средств еще недостаточна для автоматического приземления. Поэтому первым этапом в решении этой задачи будет, по-видимому, использование автопилота до момента, когда станет видна земля, и передача затем управления летчику. Проведенные к настоящему времени опыты показали возможность автоматического снижения самолета до высоты примерно 30 м со среднеквадратической ошибкой по высоте около 1,5 м.

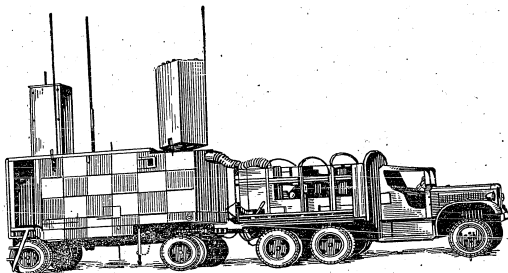


Рис. 217. Аэродромная радиолокационная станция, применяемая в системе посадки самолетов по командам с земли

ГЛАВА XV

**РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И ИНФРАКРАСНЫЕ СРЕДСТВА
СУХОПУТНЫХ ВОЙСК**

В сухопутных войсках радиолокационная техника применяется главным образом в частях противовоздушной обороны войск, в наземной артиллерии, а также для разведки переднего края в интересах различных родов войск. Инфракрасная аппаратура используется для обеспечения прицельной стрельбы из стрелково-пушечного вооружения и вождения автомашин и бронетанковой техники в темноте.

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ПВО ВОЙСК

В системе ПВО радиолокационные средства используются для обнаружения воздушных целей, предупреждения прикрываемых частей и соединений об их приближении, для целеуказания и управления огнем зенитной ствольной и реактивной артиллерии, а также для наведения фронтовой истребительной авиации и управления ею.

По принципу работы, схемам и тактико-техническим характеристикам эти средства мало отличаются от аналогичных средств, применяемых при обороне тыловых военных и военно-промышленных объектов.

По конструкции же они могут значительно различаться. Если наземные радиолокационные средства, применяемые при обороне территории страны, — малоподвижные, а иногда и вообще стационарные (особенно мощные радиолокационные станции дальнего обнаружения самолетов), то радиолокационные средства сухопутных войск должны быть мобильными, обладать высокой проходимостью, быстро разворачиваться, приводиться в боевую готовность, свертываться и следовать за быстро передвигающимися частями и соединениями. Это, естественно, обуславливает определенные требования к конструкции радиолокационной аппаратуры, ее весу, габаритам

и методам размещения на ходовой части — автомобилях, бронетранспортерах и автомобильных прицепах.

В качестве примера различного размещения радиолокационной аппаратуры аналогичного назначения можно указать на радиолокационную станцию МЗА, применяемую при обороне стационарных объектов (рис. 167), и на аналогичную станцию для подвижных войск (рис. 218).

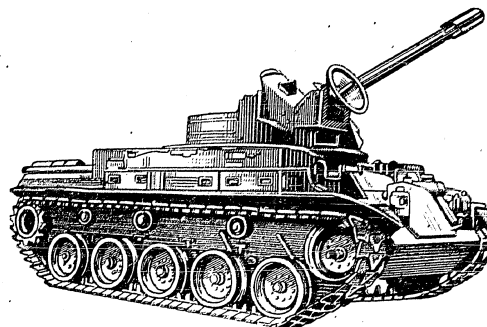


Рис. 218. Радиолокационная станция Т50 управления стрельбой самоходной зенитной установки

Более тяжелые условия работы накладывают определенные требования на надежность радиолокационной аппаратуры, качество применяемых в ней электровакуумных приборов и радиодеталей и механических узлов и элементов.

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА НАЗЕМНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

В наземной артиллерии радиолокационная техника начала применяться в последние месяцы второй мировой войны. До этого она там не применялась по ряду причин и в первую очередь, как мы убедимся в дальнейшем, из-за сложности обнаружения наземных целей на фоне местных предметов, а также из-за трудности создания небольших по размерам и весу радиолокационных средств, пригодных для использования на переднем крае.

Радиолокационные станции наземной артиллерии бывают двух основных типов: станции разведки стреляющих минометов противника и станции обнаружения движущихся наземных целей. Кроме того, в наземной артиллерии используются радиолокационные взрыватели, которые должны быть отнесены к отдельному типу радиолокационной аппаратуры.

Станции разведки стреляющих минометов. Необходимость применения таких станций вызвана трудностью разведки позиций минометных батарей оптическими и звуковыми средствами. Эта трудность обусловлена тем, что выстрел из миномета сопровождается относительно слабым звуком, а крутая траектория полета мин позволяет размещать минометные батареи за обратными скатами холмов, в оврагах, на небольших лесных полянках.

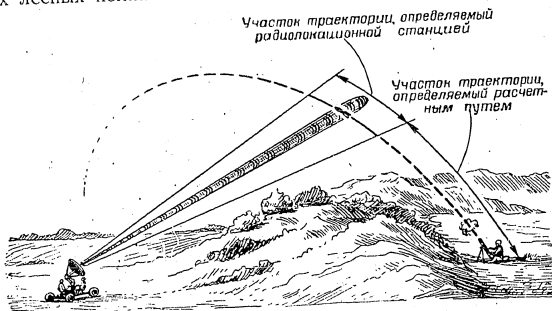


Рис. 219. Определение позиции стреляющего миномета с помощью радиолокационной станции

Для радиолокационной разведки эти свойства минометов не служат препятствием. В основе такой разведки лежат обнаружение мины в полете, регистрация ее текущих координат и вычисление по отрезку траектории недостающего участка восходящей ветви и начальной точки траектории, т. е. места расположения стреляющего миномета (рис. 219). В зависимости от сложности радиолокационной станции сопровождение мины в полете может быть автоматическим или ручным, а ее координаты могут определяться непрерывно на некотором участке траектории или в нескольких точках траектории. Применяются также и различные методы построения недостающего начального участка траектории с помощью автоматических счетно-решающих устройств и ручных планшетов.

Станции разведки стреляющих минометов работают в двух режимах — разведки и определения координат. В режиме разведки станция просматривает отведенный ей участок пространства, для чего луч последовательно перемещается в горизонтальной плоскости. Когда на экране индикатора появляется сигнал от мины, оператор переводит станцию в режим определения координат летящей мины.

Точность определения координат стреляющих минометов с помощью таких радиолокационных станций высока (ошибка составляет 5—25 м) и зависит от расстояния, точности топографической привязки и точности ориентирования.

Метод обнаружения мин может использоваться не только для разведки стреляющих минометов противника. С одинаковым успехом его можно применять для определения места падения мин и корректирования огня своих минометов; при этом необходимо только сопровождать мины не на восходящем, а на нисходящем участке траектории.

Большая крутизна восходящей и нисходящей ветвей траектории позволяет очень точно построить недостающие участки траектории и определить тем самым позицию стреляющих минометных батарей или места падения мин с высокой точностью.

Небольшие размеры мин и незначительная в связи с этим интенсивность отраженных от них сигналов требуют применения в этих станциях высокочувствительных приемников и сравнительно мощных передатчиков, а необходимость обнаружения мин при низких углах места — антенн с узкой диаграммой направленности.

Станции обнаружения движущихся целей предназначаются для обнаружения на переднем крае и в ближайшем тылу противника движущихся наземных и надводных целей — автомобилей, танков, бронетранспортеров, самоходных орудий, лодок, бронекатеров, десантных судов и т. д.

Обнаружение целей и определение их координат производятся этими станциями путем последовательного просмотра заданного сектора обзора узким радиолучом, скользящим по поверхности земли, и воспроизведения отраженных сигналов на экране индикатора секторного или кругового обзора.

Дальность действия станций ограничивается пределами прямой видимости. Поэтому позиции этих станций выбирают, как правило, на возвышенностях, с которых просматриваются большие участки местности на территории противника.

Наибольшую помощь оказывают эти станции в равнинных районах или при обороне береговой полосы, т. е. там, где местность или водная поверхность хорошо просматривается. Однако они могут с успехом использоваться также в гористой и лесной местности, даже если с позиции станции просматриваются только отдельные участки местности, по которым передвигаются войска. В этом случае станция, ведя круглосуточное наблюдение за участками дорог, может своевременно обнаружить подход или отход танков, артиллерии, бронетранспортеров, автомобильных колонн противника. Большую помощь станции могут оказать и при обороне водных рубежей, позволяя обнаружить ночью, в туман и за дымовой завесой движение переправочных средств противника.

Используются эти станции в интересах главным образом артиллерийских и минометных частей. Обладая высокой точностью определения координат танков, самоходных артиллерийских установок и автомашин, радиолокационные станции обнаружения движущихся целей позволяют вести прицельный огонь по обнаруженным ими целям. С помощью таких станций возможно также последовательное непрерывное определение текущих координат движущихся целей. При этом определяются направление и скорость движения целей, что в свою очередь может быть использовано для организации заградительного огня.

Первое применение импульсных радиолокационных станций для обнаружения наземных целей относится к концу второй мировой войны, когда были использованы зенитно-артиллерийские станции SCR-584 и станции береговой обороны.

Чтобы получить на экране индикатора четкую картину местности и расположения обнаруженных целей, станции этого класса должны обладать высокой разрешающей способностью, допускающей раздельное наблюдение движущихся целей при небольших интервалах между ними, а также между целями и местными предметами. Поэтому они должны работать в импульсном режиме, излучать короткие импульсы и иметь узкую диаграмму направленности. Для выполнения последнего требования необходимо применять довольно большие антенные системы даже в том случае, если рабочая волна станции лежит в наиболее коротком участке сантиметрового диапазона волн. Естественно, что такие станции имеют довольно большие размеры и вес и потому не могут размещаться в боевых порядках пехоты и служить для разведки в интересах стрелковых частей передвижения противника в непосредственной близости от переднего края.

Поэтому в последнее время для этих целей во многих странах стали применяться станции с непрерывным излучением энергии (рис. 220). Небольшая дальность их действия не требует применения мощных передатчиков и больших антенн, а непрерывное излучение радиоволн позволяет уменьшить габариты устройств головных телефонов вместо электронно-лучевой трубки дает возможность еще больше уменьшить вес и размеры станции. Принцип действия этих станций основан на описанном выше эффекте Доплера. При наведении луча радиолокационной станции на движущийся автомобиль или группу идущих солдат наблюдатель слышит в телефонах звуковой сигнал, по частоте времени, когда антенна станции оказывается направленной на местные предметы — лес, кустарник, строения и т.п. Скорость движения цели влияет на тон возникающего в наушниках звукового

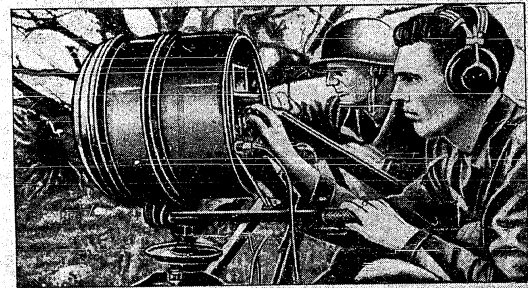
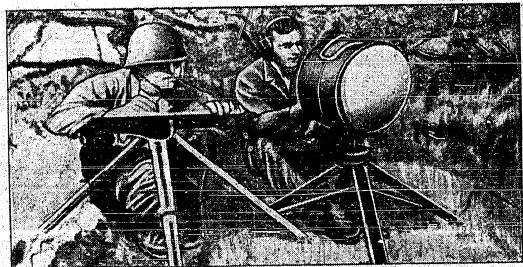


Рис. 220. Малогабаритная радиолокационная станция переднего края

сигнала, что позволяет различать, например, отражения от автомобиля и от людей.

Однако относительная простота и небольшой вес станции приводят к некоторым отрицательным качествам. Главные из них — низкая точность определения координат, плохая разрешающая способность и небольшая дальность действия.

Заканчивая этот раздел, следует указать, что наличие радиолокационных станций обнаружения движущихся наземных и надводных целей по-новому ставит вопрос маскировки войск, так как радиолокационными методами разведки можно обнаружить движущиеся цели и тогда, когда они не наблю-

даются с помощью оптических средств, — ночью, в туман, за дымовой завесой.

Радиолокационные взрыватели применяются в полевой артиллерии для разрывов осколочных снарядов и мин на нужной высоте над землей.

Действие радиолокационных взрывателей полевой артиллерии аналогично действию взрывателей зенитных снарядов или авиационных бомб (рис. 221). При приближении снаряда или мины к поверхности земли радиоприемник взрывателя принимает отраженный сигнал, частота которого вследствие эффекта Доплера отличается от частоты передатчика. Взаимодействие отраженного сигнала с излучаемым вызы-

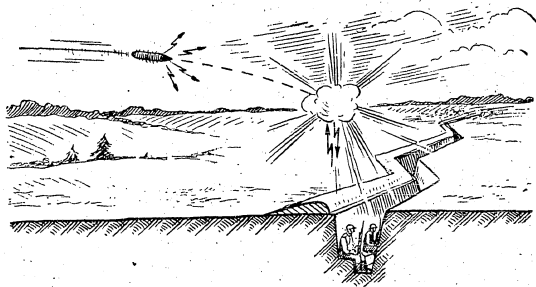


Рис. 221. Разрыв снаряда при применении радиолокационного взрывателя

вает появление сигнала разностной частоты. Этот сигнал усиливается и приводит в действие запальное устройство, которое подрывает снаряд. Параметры приемно-усилительного устройства выбираются таким образом, чтобы разрыв снаряда происходил на нужной высоте над землей.

Применение радиолокационных взрывателей существенно повышает эффективность стрельбы наземной артиллерии и минометов по живой силе противника, находящейся в траншеях, окопах или укрытой складками местности.

Радиолокационные средства управления реактивным оружием. В сухопутных войсках ряда стран, кроме ствольной артиллерии, применяются реактивная артиллерия и крылатые самолеты-снаряды класса «земля—земля».

Полет управляемых ракет и самолетов-снарядов в период работы двигателя (т. е. на «активном» участке полета) обычно корректируется, что повышает точность попадания как по

дальности, так и по направлению. Один из возможных методов корректирования основан на наблюдении за снарядом и определении его текущих координат с помощью радиолокационной станции.

Такие станции по конструкции могут напоминать станции управления огнем ствольной или реактивной зенитной артиллерии. Работать они могут в импульсном режиме и автоматически определять местоположение ракеты или самолета-снаряда, что позволяет передавать по радио команды управления, приводящие в действие рули управления или регулирующие режим работы двигателя.

Управление дальностью полета ракеты и самолета-снаряда осуществляется в ряде случаев выключением двигателя в момент времени, когда достигается требуемая скорость полета.

Радиолокационные станции определения скорости полета ракеты могут работать в режиме непрерывного излучения радиоволн и использовать эффект Доплера. Так как изменение частоты сигнала, отраженного от ракеты, удаляющейся от станции, пропорционально скорости полета ракеты, то, определив разность частот излучаемых и принимаемых колебаний, можно узнать скорость полета ракеты и выключить двигатель в нужный момент.

Иногда для определения скорости полета ракеты и самолета-снаряда может использоваться не отраженный сигнал, а сигнал бортового радиопередатчика или радиолокационного ответчика, посылающего по запросу наземной станции ответный сигнал строго определенной частоты; изменение частоты в точке приема сигнала ответчика или обычного радиопередатчика укажет на скорость летящего объекта. Такой метод использовался, например, для определения скорости полета ракет «Фау-2».

Дальность действия радиолокационных станций управления полетом реактивных снарядов класса «земля—земля» может быть весьма различной, так как она зависит от дальности полета снаряда и длительности активного участка траектории. Поэтому по своим энергетическим характеристикам, а следовательно, и по конструкции эти станции могут весьма отличаться одна от другой.

Направление полета снаряда может определяться различными методами, в частности, методом равносигнальной зоны, дающим высокую точность измерения угловых координат.

Для подрыва снарядов на заданной высоте над целью в этих снарядах могут применяться радиолокационные взрыватели, работа которых основана на приеме сигналов, отраженных от поверхности земли.

Для вывода снаряда класса «земля — земля» в район цели могут применяться и различные радионавигационные системы.

ИНФРАКРАСНЫЕ ПРИБОРЫ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

Ведение боевых действий сухопутными войсками в ночных условиях сильно осложняется плохой видимостью поля боя, своих подразделений и боевых порядков противника. Для обнаружения движущихся наземных целей ночью или при дымовой завесе применяются, как мы знаем, специальные радиолокационные станции. Радиолокационная аппаратура используется также для обнаружения стреляющих минометов и корректировки стрельбы по ним. Однако при всех положительных качествах этих средств они обладают рядом недостатков, которые ограничивают область их боевого применения.

Во-первых, современные радиолокационные станции не обладают такой высокой разрешающей способностью, которая позволяла бы наблюдателю видеть небольшие наземные цели при их расположении в непосредственной близости от других отражающих предметов — деревьев, кустов, строений; проволочных заграждений и т. п. Недостаточная разрешающая способность приводит также к тому, что цели на экране индикатора видны в виде светящихся отметок, форма которых, как правило, не позволяет определить характер цели и выявить ее четкие контуры.

Во-вторых, размеры и вес радиолокационной аппаратуры не позволяют ее сделать «личным» наблюдательным прибором каждого солдата, владеющего винтовкой, автоматом и пулеметом. Недостаточна и точность определения угловых координат малогабаритными станциями, чтобы они могли использоваться при стрельбе из стрелкового оружия.

Поэтому в сухопутных войсках ряда стран наряду с радиолокационной аппаратурой применяются инфракрасные приборы, предназначенные для решения различных задач. Рассмотрим некоторые из них.

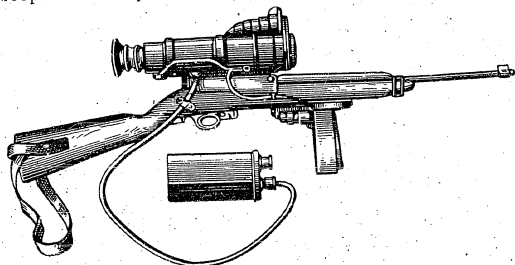


Рис. 222. Инфракрасный прицел для легкого стрелкового оружия

Инфракрасные прицелы для легкого стрелкового оружия предназначаются для обеспечения прицельной стрельбы из винтовок и автоматов в ночных условиях. Такой прицел размещается обычно непосредственно на оружии и переносится вместе с источником питания одним солдатом (рис. 222). Основные элементы прицела — инфракрасный прожектор, телескоп и блок питания.

Инфракрасный прожектор предназначен для освещения местности невидимыми невооруженным глазом инфракрасными лучами. По внешнему виду он может напоминать автомобильную фару или фонарь и состоять из лампы накаливания, рефлектора и фильтра, пропускающего инфракрасную часть спектра и задерживающего световые лучи.

Инфракрасные лучи, отраженные от местности и находящихся на ней людей, предметов боевой техники и местных предметов, попадают в инфракрасный телескоп. Создаваемое в нем невидимое изображение, созданное инфракрасными лучами, преобразуется электронно-оптическим преобразователем в видимое изображение. Таким образом, наблюдатель, смотря в окуляр прицела, ночью может видеть картину лежащей перед ним местности.

Блок питания, переносимый обычно бойцом в отдельной упаковке, обеспечивает питанием инфракрасный прожектор и электронно-оптический преобразователь, для питания которого требуется напряжение в несколько киловольт. Поэтому

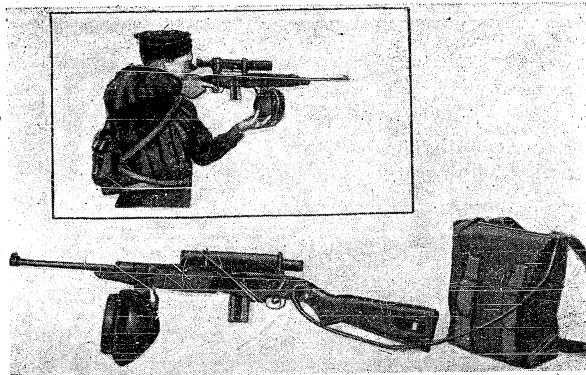


Рис. 223. Инфракрасный прицел для снайперов

источник питания состоит обычно из аккумулятора с напряжением в несколько вольт и преобразователя, повышающего это напряжение до нужной величины.

Дальность действия инфракрасных прицелов может составлять, как указывается в литературе [40], от 100 до 200 м. Общий вес прицела, включая телескоп, прожектор и источник питания, около 3 кг. Применяются эти прицелы снайперами, ведущими точный прицельный огонь в ночных условиях из снайперских винтовок (рис. 223), а также стрелками, вооруженными обычными винтовками и автоматами.

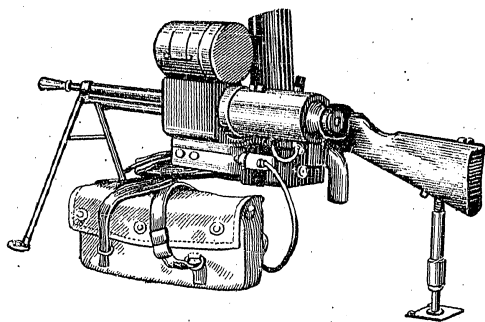


Рис. 224. Инфракрасный прицел для тяжелого стрелкового оружия

Инфракрасные прицелы для тяжелого стрелкового оружия устанавливаются на ручных и станковых пулеметах (рис. 224). По принципу действия эти прицелы аналогичны только что рассмотренным. Главное их различие заключается в дальности действия: в прицелах для тяжелого оружия дальность увеличена за счет повышения мощности источников питания и общего веса аппаратуры. Действительно, дальность действия можно повысить, увеличив мощность инфракрасного источника подсвечивания, сделав более концентрированным луч инфракрасного прожектора или улучшив качество электронно-оптических преобразователей. Все это в той или иной степени повышает вес и габариты приборов.

Дальность действия описываемых инфракрасных прицелов составляет 200—300 м. Вес прицела, включая телескоп, прожектор и источник питания с преобразователем, составляет 8,5 кг.

392

Установка прицелов непосредственно на стрелковом оружии предъявляет специальные требования к их конструкции, так как они должны выдерживать механические нагрузки, возникающие при стрельбе.

Инфракрасные приборы наблюдения используются для наблюдения за полем боя в непосредственной близости от переднего края. Дальность действия одного из описанных приборов этого назначения составляет от 500 до 800 м, вес до 30 кг для телескопа и 40 кг для прожектора, диаметр прожектора около 0,5 м. Аппаратура размещается на специальной треноге. В некоторых образцах приборов инфракрасный прожектор может размещаться отдельно от телескопа, на некотором расстоянии от него. В этом случае прожектор поворачивается с помощью системы телеуправления, благодаря чему достигается одновременное вращение прожектора и телескопа.

Приборы ночного вождения. Хорошо известно, как трудно водить автомобили ночью в условиях светомаскировки даже по хорошим шоссе и дорогам. Вождение же автомобилей по фронтальным, временным и плохим дорогам еще сложнее: замедляется скорость движения, учащаются аварии, повышается износ машин.

Поэтому для вождения автомобилей и бронетанковой тех-

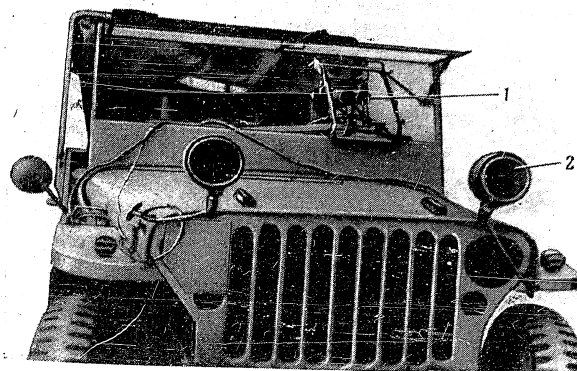


Рис. 225. Инфракрасный прибор для ночного вождения автомобиля:
1 — бинокль; 2 — инфракрасная фара

26—2394

393



Рис. 226. Шлемный инфракрасный бинокль

в этих случаях специальным фильтром, пропускающим только инфракрасные лучи.

В некоторых случаях инфракрасный бинокль закрепляют не на корпусе автомобиля, а на шлеме водителя, что дает большие возможности наблюдения за дорогой (рис. 226).

Дальность действия инфракрасных приборов для ночного вождения автомобилей, бронетранспортеров и танков может достигать 100 м. Вес их вместе с фарами и преобразователем напряжения составляет примерно 15 кг.

Приборы обнаружения инфракрасных излучателей. Работа рассмотренных инфракрасных прицелов, приборов наблюдения и ночного вождения автобронетанковой техники основана на облучении местности инфракрасным прожектором и приеме отраженных сигналов. Поэтому такие приборы довольно легко обнаружить по их инфракрасному излучению. Один из типов приборов, применяемых для обнаружения источников инфракрасного излучения, называется метаскопом (рис. 227). Это сравнительно простой и небольшой прибор, индикатором инфракрасных лучей в котором служит предварительно очувствленный к этим лучам слой фосфора. Когда на такую индикаторную пластинку попадают инфракрасные лучи, поверх-

ности в условиях светомаскировки в ряде стран были созданы инфракрасные приборы ночного вождения. Эти приборы имеют в своем составе инфракрасную подсвечивающую фару-прожектор, телескоп или бинокль для наблюдения в инфракрасных лучах и источник питания (рис. 225).

Иногда в качестве подсвечивающего прожектора могут применяться обычные автомобильные фары, стекло которых закрывается

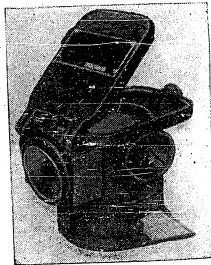


Рис. 227. Внешний вид метаскопа—прибора для обнаружения источников инфракрасных лучей

ность фосфора начинает светиться зеленым светом, хорошо воспринимаемым глазом через окуляр прибора.

Таким образом, работа разведчика-наблюдателя, снабженного этим прибором, сводится к последовательному обзору местности в заданном секторе и определению направления, при котором зафиксировано зеленое свечение индикатора метаскопа. Размеры и яркость светящейся точки зависят от мощности источника излучения и расстояния до него.

Чувствительные сторожевые детекторы. Как известно, источниками инфракрасного излучения могут быть любые нагретые тела — двигатели автомобиля, танка, катера. Излучает инфракрасные лучи и человеческое тело. Это явление лежит в основе обнаружения людей и автомобилей с помощью специальных чувствительных инфракрасных детекторов. Индикаторным элементом в этих детекторах может служить термоэлектрическая пара; на спаях ее при попадании инфракрасных лучей возникает напряжение, которое после усиления приводит в действие сигнальное устройство — звонок, сирену, электрическую лампочку и др.

Такой сторожевой детекторный прибор способен обнаружить попадающих в поле зрения прибора отдельных людей на расстоянии в несколько сотен метров. Поэтому такие устройства можно использовать на границе, в обороне и т. п.

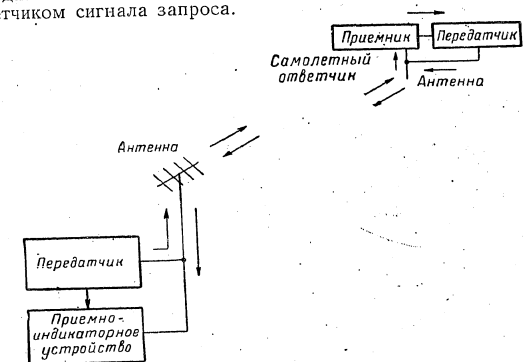
ГЛАВА XVI

АППАРАТУРА РАДИОЛОКАЦИОННОГО
ОПОЗНАВАНИЯ ЦЕЛЕЙ

В основе работы большинства радиолокационных станций лежит явление отражения радиоволн от объектов, подвергающихся облучению. Отраженные сигналы воспроизводятся на экранах электронно-лучевых трубок в виде ярких светящихся точек или импульсов, отклоняющих линию развертки в определенном направлении. Естественно, что такой сигнал не позволяет опознать отражающий объект и определить, принадлежит ли он к своим вооруженным силам или к силам противника. В этом заключается недостаток радиолокационных станций. Оператор станции обнаружения, установив, что в зоне действия станции появился отражающий объект, не может определить по характеру сигнала, чей самолет или корабль обнаружен — свой или чужой; расчет станции наведения при сложной воздушной обстановке может спутать свои истребители с самолетами противника; станции орудийной наводки могут перейти на сопровождение своего самолета, вошедшего в зону действия зенитной артиллерии, и зенитные батареи откроют огонь по своим самолетам; командир корабля, наблюдая по экрану индикатора радиолокационной станции за сигналами, отраженными от других кораблей, не сможет определить их государственную принадлежность и принять правильное решение.

Определение принадлежности самолетов и кораблей к своим вооруженным силам. Для компенсации указанного выше недостатка радиолокационных станций в армии, авиации и флоте разных стран применяется аппаратура опознавания. Она состоит из запросчиков, которыми могут снабжаться наземные, корабельные и самолетные радиолокационные станции, и ответчиков, устанавливаемых на подвижных объектах (самолетах, кораблях), которые в ходе боевых действий могут оказаться в зоне действия своих радиолокационных средств.

Принцип действия этой аппаратуры заключается в следующем (рис. 228). При необходимости опознать обнаруженную цель включается запросчик — импульсная передающая радиостанция, работающая на определенной волне, отведенной для аппаратуры опознавания. Приемник ответчика принимает сигнал запроса и усиливает его. Усиленный сигнал поступает в передатчик ответчика, который под действием этого сигнала срабатывает и посылает ответный сигнал. Этот процесс происходит автоматически и повторяется каждый раз при приеме ответчиком сигнала запроса.



Наземный запросчик

Рис. 228. Принцип действия аппаратуры опознавания

Сигнал ответчика поступает в приемную систему запросчика и воспроизводится на экране индикатора в точке, определяемой дальностью и азимутом опознаваемого объекта.

Таким образом, оператор радиолокационной станции, запросив обнаруженный объект и получив ответный сигнал, устанавливает, что этот корабль или самолет принадлежит своим вооруженным силам. Если ответный сигнал не поступает, значит, обнаружен противник.

Однако такая система опознавания не устраняет возможности посылки ложных ответных сигналов самолетами и кораблями противника при захвате противником ответчиков и установке их на своих боевых объектах.

Для предотвращения этого ответный сигнал кодируется и через определенные промежутки времени код меняется. При такой системе опознавания оператор радиолокационной станции опознает свой самолет или корабль не только по получении

нию ответного сигнала, но и по совпадению кода сигнала с действующим в данное время кодом.

Кодировать сигнал можно изменением числа импульсов, образующих ответный сигнал, или изменением их длительности. Так, изображенный на рис. 229 ответный сигнал состоит из трех импульсов — широкого, узкого и широкого. Эта комбинация импульсов через определенный промежуток времени может быть заменена, например, группой из трех широких или двух узких импульсов и т. п.

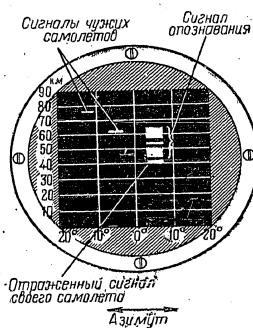


Рис. 229. Изображение кодированного сигнала ответчика на экране индикатора радиолокационной станции

нмает не отраженный, а значительно более мощный ретранслированный сигнал. Поэтому для определения максимальной дальности действия этих систем уравнение радиолокации неприменимо.

Передача сигналов бедствия. Аппаратура опознавания может также использоваться экипажем боевого объекта (корабля или самолета) как средство передачи сигнала бедствия. Для этого аппаратура самолетных и корабельных ответчиков снабжается дополнительным устройством, при включении которого ответчик, приняв сигнал запроса, посылает сигналы бедствия, по характеру резко отличающиеся от сигналов опознавания.

Экипаж поврежденного в бою самолета, вынужденный покинуть самолет или совершить посадку вдали от своего аэродрома, посылает сигнал бедствия. Операторы наземных радиолокационных станций обнаружения и наведения, заметив этот сигнал на экране индикатора, устанавливают координаты са-

молета и определяют его маршрут к месту вынужденной посадки или место, где экипаж покинул самолет. По таким данным можно быстро организовать оказание помощи и спасение экипажа. Особенно важна передача сигнала бедствия при боевых действиях над морскими просторами, малонаселенной лесной местностью или в пустыне, когда помощь должна быть организована в предельно сжатые сроки.

Сигналы бедствия могут посылаться, конечно, не только при повреждении самолета или корабля в результате боевых действий. К этому методу передачи сообщений экипажи самолетов и кораблей могут прибегать и в случае аварии, обусловленной выходом из строя того или иного агрегата.

Индивидуальное опознавание самолетов и кораблей. Аппаратура опознавания может применяться не только для определения принадлежности самолетов и кораблей к своим вооруженным силам или передачи сигнала бедствия. Можно создать и аппаратуру для индивидуального опознавания самолетов и кораблей. Однако она будет довольно сложной, поскольку каждый самолет или корабль должен будет иметь свой код, который через определенные промежутки времени должен меняться.

Несмотря на это, в ряде статей высказываются предложения за введение такой аппаратуры, так как ее применение принесет существенную пользу, в частности, при управлении полетами самолетов и их посадкой [41, 37].

ГЛАВА XVII МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ

Данные о состоянии погоды, краткосрочные и долгосрочные прогнозы об ее изменении необходимы всем родам и видам вооруженных сил. Они нужны экипажам самолетов, вылетающим на боевое задание, командам кораблей и подводных лодок, отправляющимся в дальнее плавание, боевым расчетам артиллерии, готовящим данные для стрельбы. Необходимы эти данные и для операторов радиолокационных станций, так как погода влияет на распространение радиоволн. Поэтому вопросам метеослуживания военно-воздушных сил, военно-морского флота и сухопутных войск в современных армиях уделяется большое внимание. Принимаются меры к повышению достоверности прогнозов, увеличению скорости получения данных о метеорологической обстановке на большой территории, сокращению времени обработки получаемых данных и составлению метеорологических карт и прогнозов погоды.

За последнее десятилетие в метеослужбе ряда стран наряду с другой радиоаппаратурой стали широко использовать радиолокационные станции и электронные вычислительные машины.

Применение радиолокационной аппаратуры позволяет:

- определять положение облаков, грозовых туч и районов выпадения осадков; устанавливать направления и скорость перемещения метеопоразований;
- предсказывать возникновение атмосферных возмущений катастрофического характера;
- обнаруживать лежащие на пути движения самолета области турбулентности в атмосфере, т. е. неупорядоченного, вихревого движения воздуха, сопровождающегося перемешиванием различных слоев атмосферы;
- определять направление и дальность грозовых разрядов;
- определять скорость и направление ветра.

400

Радиолокационные станции для обнаружения туч и облаков. Обнаружение грозовых туч радиолокационными методами основано на явлении отражения волн сантиметрового и смежного с ним диапазонов волн от капель воды.

Как указывалось выше, отражение волн сантиметрового и близких к нему диапазонов от капель воды тем интенсивнее, чем выше процентное содержание влаги в воздухе и чем больше размер капель. Так, если на пути распространения радиоволн

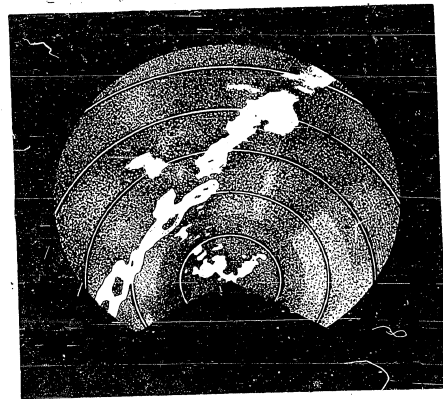


Рис. 230. Вид отражений от грозовых облаков на индикаторе кругового обзора (для увеличения точности отсчета масштаб изображения увеличен смещением начала развертки к краю экрана)

находится полоса сильного грозового дождя, сигналы, появляющиеся на индикаторе станции, имеют большую амплитуду, чем при слабом дожде. То же наблюдается и при отражении от туч и облаков: чем больше они содержат влаги или чем крупнее в них капли воды, тем сильнее отраженный сигнал. Поэтому по величине отраженного сигнала можно судить о характере облаков или интенсивности дождя (рис. 230).

Для радиолокации метеопоразований в настоящее время применяются преимущественно станции сантиметрового диапазона, обладающие достаточной дальностью действия, высокой разрешающей способностью и точностью определения координат. Применение в этих станциях индикаторов круго-

401

вого обзора позволяет не только получить весьма наглядную картину положения туч и грозовых фронтов, но и быстро определить направление и скорость их движения.

Большая дальность действия наземных радиолокационных станций этого типа позволяет воспроизводить на экране одного

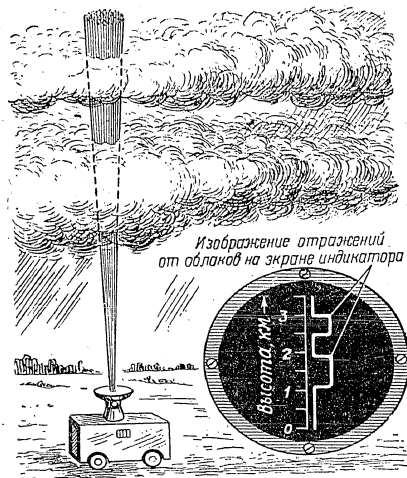


Рис. 231. Применение радиолокационных станций с вертикальным лучом для определения высот нижних и верхних кромок многослойных облаков

индикатора кругового обзора метеобстановку на площади в несколько десятков тысяч квадратных километров. Это значительно ускоряет обработку данных и составление прогнозов.

Для наблюдения за погодой могут применяться не только специальные радиолокационные станции, но и обычные наземные станции дальнего обнаружения и наведения, если они работают в сантиметровом или примыкающем к нему диапазоне волн.

Более того, для этих целей могут использоваться самолетные и корабельные радиолокационные станции. Плотные грозовые и дождевые облака могут наблюдаться на экране индикатора самолетного бомбприцела, так что экипаж само-

лета сможет обойти при снижении наиболее опасные районы. Корабельные самолетные станции обнаружения воздушных и подводных целей позволяют заметить грозовой фронт на расстоянии в десятки километров, определить его интенсивность, направление и скорость движения и установить время, когда шторм приблизится к кораблю. При помощи этих станций можно также обнаружить центр шторма и вывести корабли из опасного района.

Кроме радиолокационных станций кругового обзора, в метеослужбе могут применяться станции с вертикальным или наклонным радиолучом (рис. 231). Они используются для определения высоты верхней и нижней кромок облаков, что особенно полезно при многослойной облачности. С помощью таких станций можно получать данные о состоянии облаков в районе аэродрома, не поднимая для этой цели самолеты-разведчики.

Радиолокационные станции для наблюдения за метеорологическими радиозондами. Температура воздуха, атмосферное давление, влажность, скорость и направление ветра на различных высотах определяются миниатюрными метеоприборами, поднимающимися в воздух на небольших резиновых шарах, наполненных водородом.

Метеопосты, ведущие наблюдения, регулярно, несколько раз в сутки, выпускают в свободный полет такие шары-пилоты (рис. 232). К шару прикрепляется небольшой прибор — радиозонд, представляющий собой сочетание миниатюрного радиопередатчика, снабженного источником питания, с комбинированным метеоприбором, измеряющим давление, температуру и влажность воздуха. Измеряемые метеоприбором данные преобразуются в закодированные сигналы и передаются на землю, где они принимаются и расшифровываются. Скорость и направление ветра определяют по перемещению шара с радиозондом. Для этого в районе метеостанции на некотором расстоянии один от другого устанавливаются два теодолита — оптических прибора — для измерения угловых координат наблюдаемого объекта.

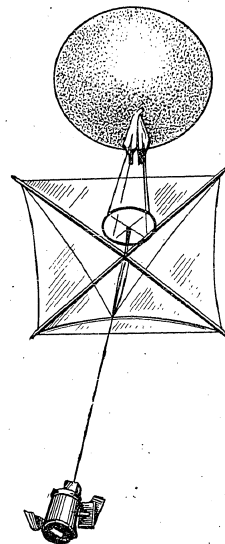


Рис. 232. Метеозонд с отражателем

Одновременно измеряя угловые координаты шара двумя теодолитами и зная расстояние между ними, можно вычислить координаты радиозонда, а следовательно, и определить данные о направлении и скорости ветра на разных высотах.

Однако в облачную погоду, когда метеозондирование атмосферы особенно необходимо, описанный метод применить нельзя. В этих случаях для обнаружения радиозондов применяют радиолокационные станции, по конструкции аналогичные радиопрожекторным, или более сложным и точным станциям орудийной наводки. Иногда для этой цели можно использовать и обычные станции орудийной наводки.

Применение радиолокационных станций значительно увеличило дальности контроля за полетами радиозондов (до 200 км и более) и сделало возможным метеозондирование при любой видимости.

Для увеличения дальности радиолокационного сопровождения к шарам; кроме аппаратуры радиозонда, можно подвесить уголкового отражатели, с принципом действия которых мы познакомимся в последнем разделе книги. На шарах, предназначенных для зондирования атмосферы на значительных дальностях и высотах, вместо уголкового отражателя могут применяться миниатюрные радиолокационные ответчики, посылающие ответный радиосигнал при приеме зондирующего импульса радиолокационной станции. Этот же ответчик может использоваться и для передачи данных от радиозонда.

Данные, получаемые от метеопостов, могут обрабатываться электронными математическими машинами, высокая скорость действия которых значительно сокращает время составления прогнозов.

ГЛАВА XVIII

СРЕДСТВА БОРЬБЫ С РАДИОЛОКАЦИЕЙ

Появление нового оружия создает для применяющей его армии определенные преимущества и вызывает у противника стремление создать средства, которые бы парализовали или во всяком случае снижали эффективность этого оружия. Так обстоит дело с извечной борьбой между снарядом и броней: изобретение более эффективного снаряда ведет к разработке более прочной брони и, наоборот, создание прочной брони требует создания новых снарядов. Аналогичная борьба происходит, скажем, между бомбардировочной авиацией и зенитной артиллерией: с повышением скорости и потолка полетов самолетов, увеличением их живучести и оснащением более точными и быстро вырабатывающими координаты цели приборами совершенствуется и зенитная артиллерия — повышается точность, дальность и скорострельность стрельбы, увеличивается начальная скорость и убийность снаряда.

То же произошло и при появлении радиолокации. Значительное увеличение боевой эффективности оружия, обслуживаемого радиолокационной аппаратурой, высокая насыщенность радиолокационной техникой практически всех родов войск и оснащение ею самых разнообразных боевых средств — все это уже в годы второй мировой войны привело к созданию средств противодействия радиолокации. Совершенствование радиолокационных станций, применение в них различных схем и методов, уменьшающих эффективность помех, вызвали в свою очередь совершенствование средств борьбы с радиолокационной техникой.

Так возникла «радиолокационная война», борьба за успешное использование своих радиолокационных станций и подавление или во всяком случае затруднение работы радиолокационных средств противника.

Наиболее распространенные методы применения «радиоконтрмер» (как часто называют борьбу с радио и радиолокационной аппаратурой противника) заключаются в радио-разведке работы радиолокационных станций и создании им

радиопомех. Эти методы основаны на том, что радиолокационная аппаратура по самому принципу работы имеет уязвимые места.

Как известно, радиолокационный метод обнаружения и определения местоположения целей основан на излучении станцией мощного радиомпульса, отражении (или ретрансляции) некоторой доли энергии этого импульса от объектов, находящихся на пути его распространения, и приеме небольшой доли энергии отраженных сигналов приемником станции. Применение в радиолокационных станциях мощных радиопередатчиков создает благоприятные условия для обнаружения (разведки) работающих станций, а использование в них весьма чувствительных приемников — для создания им радиопомех. Разведка работы радиолокационных средств противника ведется при помощи специальных разведывательных радиоприемников, а создание помех — радиопередатчиками помех. Помехи, создаваемые такими передатчиками, называются иногда активными.

Другой недостаток радиолокационной аппаратуры, используемой для организации радиокоутрмер, — неспособность радиолокационных станций различать характер цели. Совершенно различные объекты, одинаково отражающие радиоволны, создают, как мы знаем, на экранах индикаторов весьма сходные сигналы. Это позволяет с помощью относительно несложных средств создавать ложные цели или маскировать реальные цели. Такие помехи часто называются пассивными.

АППАРАТУРА РАДИОРАЗВЕДКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

Аппаратура радиоразведки работающих радиолокационных станций может использоваться для следующих целей:

- предупреждения экипажа самолета; корабля или наземного пункта об облучении их радиолокационными станциями противника;
- обнаружения радиолокационных средств противника и определения их местоположения для последующей атаки;
- определения тактико-технических характеристик радиолокационных станций противника;
- настройки и наведения передатчиков радиопомех на работающие радиолокационные станции противника.

Использование разведывательных приемников для обнаружения работающих радиолокационных станций противника может быть эффективным средством противодействия радиолокации и, как следствие этого, боевым действиям противника. Это обусловлено тем, что радиолокационные станции обнаруживаются разведывательными приемниками, как правило, на дальностях, превышающих максимальную дальность действия

этих станций. Например, корабль с разведывательным приемником может обнаружить самолетную радиолокационную станцию раньше, чем самолет приблизится к нему на расстояние, с которого корабль может быть обнаружен самолетной станцией. Такое соотношение между дальностью действия радиолокационных станций и разведывательных средств объясняется тем, что разведывательные приемники принимают мощный сигнал передатчика станции, в то время как радиолокационные станции принимают слабый отраженный сигнал (рис. 233).

Однако не следует считать, что разведывательные приемники всегда обнаруживают работу радиолокационной станции раньше, чем эта станция обнаружит объект, на котором установлен приемник.

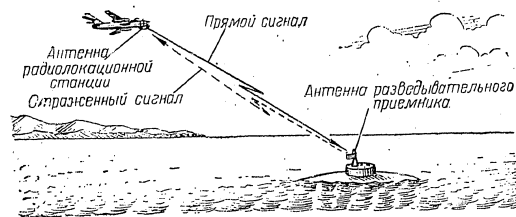


Рис. 233. Прием разведывательным приемником мощного сигнала передатчика позволяет подводной лодке обнаружить самолет раньше, чем он приблизится на расстояние, при котором его станция зафиксирует слабый отраженный сигнал

Во-первых, дальности действия станции и разведывательного приемника нередко ограничиваются пределами прямой видимости. Поэтому, говоря о дальности действия разведывательных средств, приходится учитывать дальность радиолокационного горизонта (однако при этом следует иметь в виду, что возникновение условий для сверхдальнего распространения радиоволн может значительно увеличить предельную дальность возможного обнаружения работы радиолокационных средств, а также дальность обнаружения радиолокационной станцией цели).

Во-вторых, дальность действия разведывательной аппаратуры зависит от чувствительности ее приемного устройства и в тех случаях, когда по тем или иным соображениям приходится снижать чувствительность приемника (например, для упрощения аппаратуры или создания приемников, обладающих возможностью одновременного приема сигналов, отличающихся по частоте), дальность обнаружения работающих ра-

диолокационных станций может значительно сократиться. Дальность разведки зависит также от конструкции антенны разведывательного приемника и ее допустимых размеров.

Кроме того, для разведки работы радиолокационной станции разведывательный приемник должен быть настроен на частоту передатчика этой станции, на что требуется определенное время (если, конечно, частота радиолокационной станции неизвестна противнику заранее). Поэтому на дальность обнаружения работы радиолокационной станции влияют также степень натренированности оператора разведывательного приемника и обученность расчета радиолокационной станции, который при умелом ее использовании может существенно затруднить возможность разведки ее работы.

Рассмотрим кратко перечисленные в начале этого раздела области применения разведывательной аппаратуры.

Применение разведывательной аппаратуры для предупреждения об облучении радиолокационными станциями. В разделе, посвященном описанию самолетных радиолокационных средств, мы уже упоминали о том, что на бомбардировщиках и истребителях применяются приемники предупреждения о заходе в заднюю полусферу вражеского самолета. Такие приемники, являясь в сущности по своим техническим характеристикам простейшими приемниками разведки работы самолетной станции противника, позволяют экипажу самолета своевременно выйти из зоны огня самолета противника.

На самолетах могут устанавливаться также разведывательные приемники для предупреждения экипажей об облучении самолетов наземными радиолокационными станциями системы ПВО противника. Однако в этом случае может потребоваться аппаратура, указывающая не только на факт облучения с земли, но и тип работающей наземной станции с тем, чтобы экипаж самолета мог определить, в зону действия каких станций (а следовательно, и каких боевых средств) вошел самолет. Так, если разведывательный приемник указывает, что самолет находится в зоне действия станции дальнего обнаружения, значит, прямой опасности еще нет. Если же принимаются сигналы станции оружейной наводки зенитной артиллерии или наведения истребителей, экипаж должен принять те или другие меры самозащиты, препятствующие поражению боевыми средствами противника.

Примером боевого применения разведывательных приемников для предупреждения о работе радиолокационных средств может служить использование их в немецком военно-морском флоте в период второй мировой войны.

На многих немецких подводных лодках были установлены приемники, настроенные на частоту английских и американских самолетных радиолокационных станций. Благодаря этому подводные лодки обнаруживали самолеты и погружались

раньше, чем те успевали приблизиться на дистанцию предельной дальности действия своих радиолокационных станций. Применение таких приемников оказалось настолько эффективным, что англо-американское командование было вынуждено разработать и оснастить свои самолеты другими станциями, работающими в диапазоне волн, не освоенном немцами.

Подобная аппаратура устанавливалась на американских бомбардировщиках в период второй мировой войны для предупреждения экипажей о вхождении самолета в зону действия немецких наземных радиолокационных станций наведения истребителей.

Применение разведывательной аппаратуры для обнаружения радиолокационных станций для последующей атаки. Разведывательная аппаратура, сигнализирующая об облучении, может использоваться не только как средство «пассивной обороны», позволяющее вовремя обнаружить работу радиолокационных средств противника и избежать поражения боевыми средствами. Она может служить и средством нападения. Так, например, если на самолетах противолодочной обороны установлены разведывательные приемники, с помощью которых можно определить пеленг на работающую радиолокационную станцию и ее тип, то экипаж самолета может обнаружить появление подводной лодки с работающей станцией и, соблюдая «радиомолчание», приблизиться к ней и атаковать, включив свою радиолокационную станцию в самый последний момент.

Такими разведывательными приемниками в период второй мировой войны пользовались летчики англо-американских патрульных самолетов для борьбы с немецкими подводными лодками. Разведывательный приемник обнаруживал работу радиосредств подводной лодки и позволял летчикам противолодочных самолетов определить направление, откуда приходит радиосигнал, и вывести самолет в район нахождения подводной лодки. Радиолокационный самолетный бомбоприцел включался при этом фактически не для поиска, а для уточнения положения лодки в интересах бомбометания или же совсем не включался, если атака производилась днем или применялись другие средства для обнаружения и прицельного бомбометания.

Пользуясь аналогичной разведывательной аппаратурой, подводные лодки могут обнаруживать работу корабельных радиолокационных станций и приближаться к кораблям на нужную дистанцию для последующей атаки.

Существует большое количество и других методов применения разведывательной аппаратуры для вывода боевых средств на работающие радиолокационные станции.

Разумеется, применение разведывательных приемников в указанных целях возможно лишь в том случае, если их конструкция позволяет определять не только сам факт работы

радиолокационной аппаратуры, но и направление на источник радиосигналов.

Применяя разведывательные приемники с пеленгаторными антеннами, можно определять также количество самолетов и кораблей в соединении, их группировку, состав.

Район расположения радиолокационных станций, а следовательно, и боевой техники, на которой они установлены, можно установить, определяя направление на нее из нескольких пунктов и затем прокладывая полученные пеленги на карте.

Определение характеристик радиолокационных станций с помощью разведывательной аппаратуры. Как мы уже знаем, аппаратура разведки может использоваться не только для установления лишь факта работы радиолокационных средств противника. Специальные радиоразведывательные станции могут использоваться для определения тактико-технических характеристик радиолокационных станций и районов их расположения. Обычно при помощи таких разведывательных станций определяются длина волны, на которой работает станция, частота повторения импульсов, их длительность, ширина диаграммы направленности антенны, скорость и характер ее движения и т. п.

По этим техническим характеристикам в ряде случаев удается определить тип станции, ее основные тактические характеристики и даже боевые качества обслуживаемых ею средств. Так, по частоте повторения можно определить предельную дальность действия станции, по ширине диаграммы направленности в вертикальной и горизонтальной плоскостях и длине волны — разрешающую способность и возможную точность определения угловых координат. Определив комплекс технических параметров, можно выявить и другие тактические свойства станции и ее назначение, в чем легко убедиться, вернувшись к разделу книги, в котором изложены основные соображения по выбору тактико-технических характеристик станций.

Разведывательная аппаратура для настройки и наведения передатчиков помех входит обычно в состав специальных станций помех. Поэтому о ее применении мы скажем в следующем разделе, посвященном аппаратуре помех.

В заключение этого раздела укажем, что радиоразведывательные станции бывают самолетными, корабельными и наземными и используются в интересах различных родов войск. Сложность разведывательной аппаратуры может быть различной в зависимости от решаемых ею задач. Так, простейшие разведывательные приемники весят всего несколько килограммов и могут переноситься одним человеком, в то время как специальная аппаратура, способная определять технические характеристики радиолокационных станций, может весить

сотни килограммов и занимать значительную часть фюзеляжа бомбардировщика или монтироваться на отдельном автомобиле.

Основные характеристики, определяющие качество аппаратуры разведки радиолокационных средств, следующие:

— чувствительность приемного устройства, обуславливающая дальность разведки и способность улавливать слабые радиосигналы;

— избирательность, характеризующая способность раздельно принимать сигналы двух радиолокационных станций, передатчики которых работают на близких частотах;

— диапазон перестройки, от величины которого зависит степень возможной перестройки приемника по частоте;

— время перестройки, определяющее скорость поиска по частоте радиолокационных станций;

— количество определяемых технических характеристик станций, точность их определения, а также точность определения пеленга на работающую станцию.

К характеристикам разведывательной аппаратуры относятся также ее вес, габариты и надежность работы.

СТАНЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ (АКТИВНЫХ) ПОМЕХ

Станции радиолокационных помех создают активные помехи радиолокационным средствам путем излучения радиосигналов на частоте подавляемой станции. Поэтому для создания эффективных помех необходима предварительная разведка рабочей частоты станции противника с точностью, достаточной для настройки передатчика помех на эту частоту. Эту задачу выполняют входящие в состав станции помех радиоразведывательные приемники (рис. 234).

Радиосигналы, излучаемые передатчиком помех, могут быть либо импульсными, либо непрерывными.

Импульсные радиопомехи создают на экранах индикаторов подавляемых радиолокационных станций большое количество сигналов, аналогичных по виду сигналам от реальных целей (рис. 235), что затрудняет или делает совсем невозможным обнаружение сигналов, отраженных от целей. Действительно, при большом числе импульсных помех оператор может даже не обнаружить отраженный сигнал на фоне помех, и цель пройдет незамеченной. В других случаях импульсная помеха может быть принята за сигнал от цели, что приведет к неправильным действиям — стрельбе по ложной цели или направлению истребителя или подводной лодки в район, где целей нет.

Такие импульсные помехи наземным обзорным радиолокационным станциям могут создаваться как простым им-

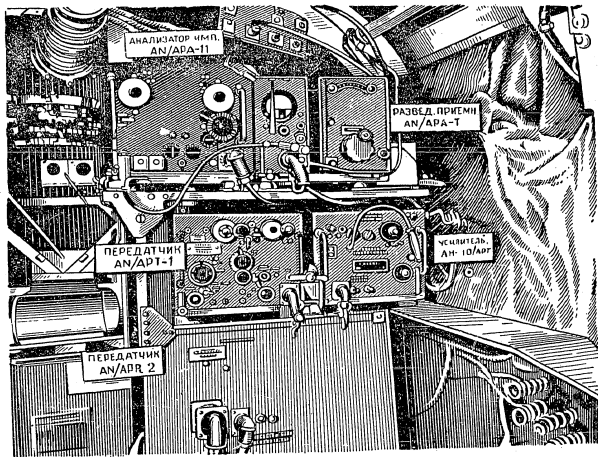


Рис. 234. Расположение передатчиков помех и аппаратуры разведки на самолете

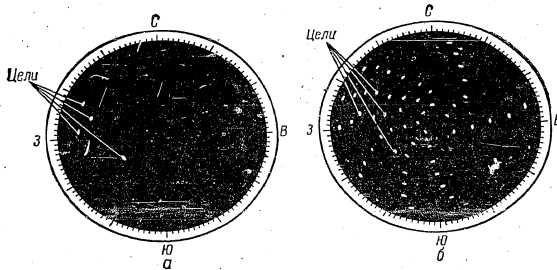


Рис. 235. Изображение на экране индикатора при отсутствии (а) и при наличии (б) импульсных помех

пульсным передатчиком, так и своеобразным «ответчиком». Как сообщается в печати [51], такой ответчик представляет собой небольшой самолетный передатчик, который излучает серию импульсов каждый раз, когда приходит зондирующий импульс радиолокационной станции. Если импульсы такого передатчика имеют такую же длительность, частоту повторения и несущую частоту, как и импульсы подавляемой радиолокационной станции, то, не применяя специальных мер защиты, их нельзя отличить на экране индикатора от реальных отраженных от целей сигналов. На экране индикатора

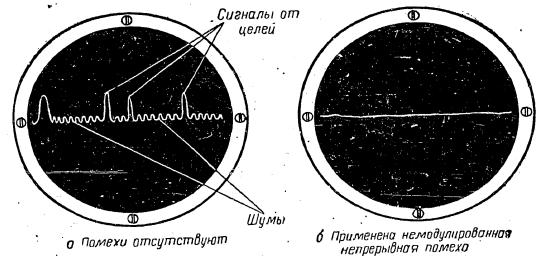


Рис. 236. Применение мощной немодулированной непрерывной помехи запирает приемник и создает впечатление неисправности приемного тракта станции

при этом будет наблюдаться серия отметок, из которых только одна соответствует действительной цели. Выделить такую отметку очень трудно, а иногда и совсем невозможно.

Непрерывные радиопомехи создают на экранах индикаторов интенсивные сигналы, частично или полностью засвечивающие экраны и затрудняющие или делающие невозможным обнаружение на их фоне слабых сигналов, отраженных от реальных целей. Непрерывные помехи могут представлять собой немодулированные сигналы несущей частоты, на которой работает подавляемая станция (рис. 236), сигналами несущей частоты, модулированными синусоидальными сигналами низкой частоты, и, наконец, сигналами несущей частоты, модулированными хаотическими шумами (рис. 237). Обладая широким спектром частот, помехи последнего типа занимают сравнительно большую полосу радиочастот и относятся к одному из наиболее эффективных типов помех.

Передатчики непрерывных шумовых помех ввиду сложности защиты от них радиолокационных станций широко использовались уже в конце второй мировой войны. Эти передатчики в соответствии с шириной полосы частот создаваемого ими мешающего сигнала делятся на передатчики узкополосных и широкополосных помех. Передатчики узкополосных помех создают сигналы, спектр которых занимает только небольшую полосу частот. При этом помеха имеет большую мощность, но действует в сравнительно узкой полосе частот, что требует достаточно точного определения частоты подав-

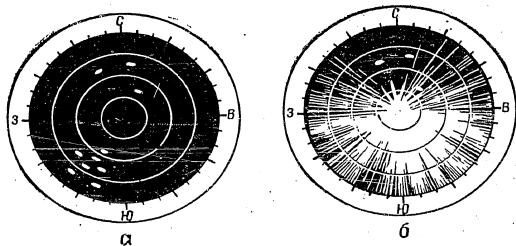


Рис. 237. Влияние активных шумовых помех на характер изображения на экране индикатора кругового обзора: а — отметки целей на экране при отсутствии активных помех; б — отметки целей при воздействии активных помех (группа целей на юго-западе не видна)

ляемой станции и настройки на нее передатчика помех. Отсюда следует также, что один передатчик узкополосной помехи может одновременно подавлять только одну станцию или же несколько станций, но работающих на одинаковых или очень близких частотах.

При создании широкополосной помехи мощность передатчика помех излучается в широкой полосе частот, что снижает «плотность» сигнала помехи. Однако при этом не требуется точной настройки передатчика помех на частоту подавляемой станции, и он может использоваться для одновременного подавления нескольких станций, работающих на близлежащих частотах.

Как видно из рис. 237, мощная станция помех может в ряде случаев практически исключить обнаружение и сопровождение целей в секторе, засвеченном сигналами помех. Такая интенсивная засветка сектора и маскировка целей при применении мощных передатчиков помех может создаваться на значи-

тельных расстояниях от подавляемой радиолокационной станции до цели, несущей передатчик помех. Однако, как это ни покажется на первый взгляд странным, с приближением передатчика помех к радиолокационной станции маскирующее действие помехи может снизиться и самолет — носитель станции помехи и летящие вблизи него самолеты будут наблюдаться радиолокационной станцией. Это вызвано тем, что с уменьшением дальности цели мощность принимаемого станцией отраженного сигнала возрастает быстрее, чем мощность принимаемого сигнала помехи. Действительно, мощность отраженного сигнала обратно пропорциональна четвертой степени дальности, а мощность сигнала помехи — квадрату дальности. Следовательно, при уменьшении дальности в два раза мощность полезного отраженного сигнала возрастет в 16 раз, а мощность помехи — только в 4 раза и т. д. Поэтому при уменьшении дальности мощность передатчика помех может оказаться недостаточной для маскировки самолета с передатчиком помех.

Станции помех при работе радиолокационных средств устанавливаются на самолетах бомбардировочной авиации, на кораблях или на земле. Самолетные станции используются, как правило, для подавления радиолокационных станций противника при преодолении противовоздушной обороны противника бомбардировщиками. Хорошо организованные помехи могут сильно затруднить работу станции обнаружения и наведения, станций орудийной наводки, зенитной реактивной артиллерии и целеуказания и тем самым снизить боевую эффективность истребительной авиации и зенитной артиллерии противника.

В системе ПВО станции помех используются для подавления самолетных радиолокационных станций и, в частности, навигационных средств и радиолокационных бомбардировочных прицелов.

В военно-морских силах станции помех применяются для создания помех самолетным, корабельным и береговым радиолокационным станциям противника.

СРЕДСТВА ПАСИВНЫХ ПОМЕХ

Для создания пассивных помех применяются различные средства, сами не излучающие радиоволны, но хорошо отражающие их при облучении этих средств радиолокационными станциями. Такими отражателями могут быть, например, сбрасываемые с самолетов бумажные ленты с наклеенными на них ленточками алюминиевой фольги или просто металлические полоски, а также так называемые уголковые отражатели.

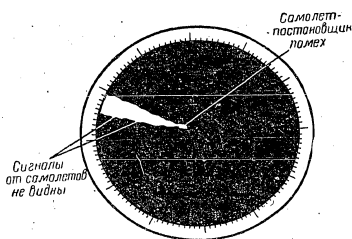


Рис. 238. Сбрасываемые передним самолетом пассивные отражатели засвечивают экран индикатора и не позволяют наблюдать сигналы от самолетов, летящих за постановщиком помех

Металлизированные ленты представляют собой узкие полоски бумаги, на которые нанесен тонкий слой металла. Длина этих полосок выбирается близкой к половине длины волны подавляемой радиолокационной станции. Выброшенная с самолета пачка таких лент, содержащая до нескольких тысяч рассыпающихся в воздухе полосок, создает сильный отраженный сигнал, сравнимый по интенсивности с сигналом от самолета.

Полоски бумаги имеют очень небольшой вес и держатся в воздухе довольно долго, двигаясь по ветру и медленно опускаясь на землю. Сигналы от них сохраняются на экранах индикаторов все время, пока полоски бумаги находятся в воздухе, что затрудняет обнаружение сигналов от действительных целей, дезориентацию расчетов радиолокационных станций и неправильному использованию истребительной авиации и зенитной артиллерии. При массовом сбрасывании металлизированных отражателей могут возникнуть такие сильные отражения, что обнаружить самолет в районе их сбрасывания некоторое время будет весьма затруднительно (рис. 238).

Наряду с полуволновыми металлизированными отражателями, комплектуемыми обычно в пачки, содержащие большое их число, и применяемыми, как правило, для интенсивной сплошной засветки нужного участка экрана индикатора, могут использоваться и металлизированные ленты длиной в десятки метров, т. е. длиннее волн радиолокационных станций в сотни раз (рис. 239). После сбрасывания рулон лент раскрывается, образуя длинную узкую полоску. Такие ленты в период второй мировой войны сбрасывались с самолетов на небольших парашютиках, замедляющих их па-

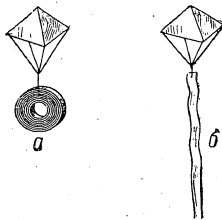


Рис. 239. Длинные ленты-отражатели, сбрасываемые на небольших парашютиках (а — в свернутом состоянии, б — развернутая лента)

дение. Интенсивность отражения от этих лент практически мало зависит от длины волны облучающей их станции, что имеет определенные преимущества. Такие ленты использовались, как правило, для создания ложных целей, затрудняющих обнаружение реальных самолетов (рис. 240).

Таким образом, сбрасываемые с самолетов отражатели служат как для дезориентации радиолокационной системы противника путем создания ложных целей, так и для маскировки (путем засветки определенной части экранов индикаторов) своих самолетов при преодолении ими участка территории, прикрываемого средствами ПВО противника. Сбрасываются они с самолетов вручную или при помощи специальных устройств, облегчающих работу экипажа самолета.

Угловые отражатели как средство противодействия работе радиолокационных средств противника используются в основном для маскировки определенных участков суши или береговой полосы, хотя из опыта второй мировой войны из-

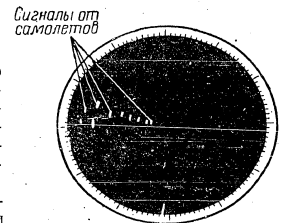


Рис. 240. Сбрасывание длинных лент-отражателей создает на экране сигналы — «ложные цели»

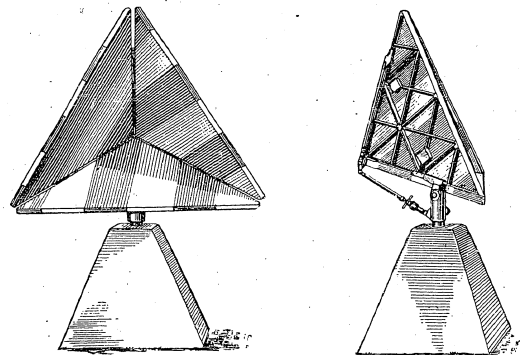


Рис. 241. Угловой отражатель

вестны случаи использования их и для создания ложных целей (например, имитации надводных целей).

Простейший уголкоый отражатель состоит из трех взаимно-перпендикулярных металлических пластин (рис. 241) или сеток.

Падающий на отражатель радиолуч двукратно или трехкратно отражается от его стенок и возвращается к источнику излучения радиоволн, т. е. к радиолокационной станции. Отражение радиоволн от уголкоых отражателей происходит аналогично отражению световых лучей автомобильных фар от дорожных знаков, изготовленных из небольших стеклянных призм и светящихся только при попадании на них света внешнего источника.

Уголкоые отражатели, установленные на берегу моря, озера или реки, могут изменить радиолокационное изображение береговой черты и затруднить экипажу самолета ориентацию на местности или отыскание целей с помощью самолетного радиолокационного бомбприцела.

Уголкоые отражатели могут также использоваться для имитации сигналов от самолетов, наземных и надводных целей. Из опыта второй мировой войны известны, например, случаи, когда с помощью пассивных отражателей, сбрасываемых с уходящей от преследования подводной лодки, вводились в заблуждение экипажи кораблей и самолетов. Разведывательные самолеты обнаруживали эти ложные цели с помощью своих радиолокаторов, тогда как настоящая цель — подводная лодка — уходила незамеченной. Ложные цели изготовлялись так, что отраженные от них сигналы получались гораздо больше, чем сигналы от подводной лодки. В одном случае эсминец был торпедирован в то время, когда он преследовал цель, представлявшую собой радиолокационную «приманку».

Без всякого преувеличения можно сказать, что при хорошей организации активных и пассивных помех они могут существенно снизить потери в бою.

ЗАЩИТА ОТ ПОМЕХ

Как видно из предыдущего раздела, применение вышеперечисленных средств противодействия работе радиолокационных средств может существенно снизить эффективность радиолокационных станций и затруднить работу операторов. Поэтому появление средств помех вызвало необходимость разработки методов противодействия им и совершенствования радиолокационной аппаратуры.

Не вдаваясь подробно в описание средств и методов защиты радиолокационных станций от активных и пассивных помех, укажем только, что в настоящее время разработано много различных устройств, повышающих помехоустойчивость радиолокационной аппаратуры.

Например, для защиты от сбрасываемых с самолетов пассивных помех может применяться аппаратура, работающая по принципу использования эффекта Доплера. Возможность использования этого явления основана на различии в скоростях движения самолетов и сброшенных отражателей. Пассивные отражатели имеют небольшую скорость передвижения в горизонтальной плоскости (скорость ветра), вследствие чего частота отраженных от них сигналов изменяется незначительно. Частоты же сигналов, отраженных от быстро летящих самолетов, значительно отличаются от частот сигналов, излучаемых радиолокационными станциями. Поэтому, выделив сигналы с измененной частотой, можно обнаруживать сигналы от самолетов даже на фоне интенсивных помех от пассивных отражателей.

Этот же метод можно применить для обнаружения наземными станциями низко летящих самолетов, сигналы от которых подавляются сигналами от местных предметов, а также от метеофакторов (дождя, тумана, облаков), которые по действию на работу радиолокационных станций можно отнести к естественным пассивным помехам.

Для борьбы с активными помехами могут использоваться схемы автоматического регулирования усиления приемника, работа радиолокационных станций на различных волнах и другие методы.

Кроме технических средств борьбы с помехами, применяют и организационные методы «контрмер», которые затрудняют радиопротиводействие — разведку работы радиолокационных средств (кратковременная работа, включение станций, когда это действительно необходимо и т. п.) и создание им помех (умелое применение радиолокационных средств, работа в разных диапазонах волн и другие методы).

Эффективность применения радиолокационных средств, как и любого другого вида оружия и боевой техники, во многом зависит также от степени обученности операторов и умения командиров использовать эти средства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. А. Лыков. Координаты, определяемые радиолокатором. Воениздат, 1957.
2. С. И. Бычков. Магнетрон. Воениздат, 1957.
3. Г. Ф. Новоженев. Объемные резонаторы. Воениздат, 1958.
4. А. В. Врублевский. Развертки индикаторов. Воениздат, 1957.
5. К. Н. Трофимов. Радиолокация. Воениздат, 1957.
6. Рекламное сообщение фирмы Societe Nouvelle de l'Outillage RBV-et de la Radio-Industries. "Новости зарубежной радиоэлектроники" № 2, 1958.
7. Радиотехника и электроника за рубежом. № 2, 1959.
8. Новое в военной технике. Воениздат, 1958.
9. Радиотехника и электроника за рубежом. № 5, 1959.
10. Radar aids to navigation. McGraw Hill, 1947.
11. Радиолокационная техника, ч. I и II. Советское радио, 1959.
12. "Aviation Week", March, 4, 1957, стр. 51.
13. А. С. Локк. Управление снарядами. Гостехиздат, 1957.
14. "Зарубежная радиоэлектроника" № 3, 1959.
15. "Proc. IRE", September 1946, стр. 671—706.
16. Г. П. Астафьев, В. С. Шебшаевич, Ю. А. Юрков. Радионавигационные устройства и системы. Советское радио, 1958.
17. Наземные американские и английские радиолокационные станции. Воениздат, 1947.
18. "Proc. IRE", December 1946.
19. «Вопросы радиолокационной техники» № 6, 1951. Статья «Радиолокационные взрыватели», стр. 11—24.
20. "Flight", 1958, Nov. 7, v. 74, № 2598, p. 713—714.
21. "Aeroplane", 1958, Nov. 7, v. 95, № 2462, p. 674—675.
22. "Зарубежная радиоэлектроника" № 3, 1958, стр. 31—38.
23. "Flight", 1958, Jan. 10, v. 73, № 2555, p. 36—37.
24. М. А. Марголин и Н. П. Румянцев. Основы инфракрасной техники. Воениздат, 1957.
25. "Popular Mechanics", Jan. 1952, p. 157.
26. "Radio and Television news" и "Radio electronic engineering", October 1952.
27. "Radio and Television news", 1957, VII, v. 58, № 1, p. 37.
28. А. Ф. Богомолов. Основы радиолокации. Советское радио, 1954.
29. Я. Г. Вараксин. Радиоэлектроника в военном деле. Советское радио, 1956.
30. Современная военная техника. Воениздат, 1956.
31. "Aviation week", August 1954, p. 287.
32. Н. В. Сытин. Автономные доплеровские радионавигационные приборы (обзор зарубежной печати). Советское радио, 1957.
33. "British communications and electronics", 1957, v. 4, № 5, p. 292—293.
34. "Inter Avia Air Letter", 1958, Oct. 21, № 4000, p. 6. "Flight", 1958, Oct. 17, v. 74, № 2595, p. 614. "Aeroplane", 1958, Oct. 17, v. 95, № 2549, p. 591—593.
35. "Scientific America", 1956, XI, 195, № 5, p. 8.
36. "Army", 1957, III, v. 7, № 8, p. 70.
37. IRE Transactions, June 1955.
38. "Inter Avia Air letters", 1956, Nov. 1, № 3594, p. 6. "Interavia", December 11, № 12, p. 993. "Electronics", 1956, December 29, № 12, p. 26.
39. Техника печатания схем. Советское радио, 1948.
40. "Revue d'optique theorique et instrumentale", t. 34, № 3, mars 1955, стр. 168—180.
41. К. Е. Харрис. Некоторые вопросы построения обзорных радиолокационных систем с активным ответом. Советское радио, 1957.
42. "Radio Mentor", 1956, № 10, p. 646—655. "Aeronautical Engineering Review", 1956, XII, 15, № 12, p. 52—54.
43. Ю. С. Денисов. Радиотехника в артиллерийской метеорологии. Воениздат, 1958.
44. "Infantry", January — March, v. 49, № 1, p. 47—53.
45. «Вопросы радиолокационной техники» № 2, 1951, стр. 28—55.
46. Ф. М. Морз и Дж. Е. Кимбелл. Методы исследования операций. Советское радио, 1956.
47. "Aviation Week", 1957, Sept. 16, v. 67, № 11, p. 100—113.
48. "Aviation Daily", 1958, Sept. 9, v. 118, № 6, p. 70.
49. "Aeroplane", 1958, Oct. 17, v. 95, № 2549, p. 591—593.
50. "Annales de Radioelectricite", 1958, X, № 54, p. 287—302.
51. "Aviation Week", 1957, v. 67, № 20—21, p. 50, 63, 102—109.
52. Г. А. Бабаев. Радио в самолетовождении. Воениздат, 1951.
53. "Wireless world", August 1955.
54. PIRE, October 1955; Radio and Television news, October 1955; Военный связист, № 5, 1957.
55. "La Revue Maritime", июль 1955; "Navy Times", 17 сентября 1955.
56. Военный связист, № 3, 1949 и № 10, 1956.
57. С. Н. Тихонов. Основы электрорадиотехники. Воениздат, 1959.
58. Г. П. Грудинская. Распространение ультракоротких радиоволн. Госнегрозиздат, 1957.
59. Е. Л. Черенкова. Дальнее распространение ультракоротких волн. Связьиздат, 1958.
60. Н. А. Носов и др. Вождение одноместного самолета. Воениздат, 1956.
61. Н. В. Вершинский. Подводное телевидение. Вестник Академии наук СССР, № 11, 1955.
62. Н. Грей и Д. Янгартис. Телевидение как средство военной информации и связи. Journal of SMPTE, August 1956.
63. Н. С. Оппенгеймер. Применение телевидения для военных целей. Journal of SMPTE, № 5, 1954.
64. Ю. А. Шумихин. Телевидение в военном деле. Воениздат, 1958.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
ЧАСТЬ ПЕРВАЯ	
РАДИОСРЕДСТВА СВЯЗИ	
Глава I. Краткая история возникновения и развития военной радиосвязи	7
Глава II. Общие понятия о радиосвязи и краткие сведения из радиотехники	15
Общие понятия о радиосвязи	18
Элементы радиостанции	26
Радиопередаточные устройства	36
Радиоприемные устройства	44
Трансиверные приемопередатчики	45
Источники питания приемников и передатчиков	46
Антенные устройства	46
Глава III. Свойства радиоволн и особенности их распространения	53
Основные понятия о радиоволнах и их свойствах	—
Влияние земной поверхности и атмосферы на распространение радиоволн	59
Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	63
Особенности распространения ультракоротких волн	67
Помехи радиоприему	80
Глава IV. Роль радиосвязи в современном бою. Основные виды радиосвязи и способы ее организации	82
Радиосвязь	83
Способы организации радиосвязи	88
Радиорелейная связь	100
Глава V. Войсковые радиосредства связи	105
Общая классификация войсковых радиосредств связи	—
Маломощные ультракоротковолновые радиостанции	—
Маломощные коротковолновые радиостанции тактического звена управления	116
Коротковолновые радиостанции оперативного звена управления	120
Войсковые радиорелейные станции	130
Выбор трассы радиорелейной линии	137
Использование современной техники связи для комплексного обеспечения связи во всех звеньях управления	139

	Стр.
Глава VI. Средства радиосвязи и радионавигации авиации	143
Особенности управления авиацией	145
Средства управления авиацией	148
Самолетные радиостанции	156
Авиационные наземные радиостанции	161
Радионавигационные системы авиации	161
Глава VII. Средства радиосвязи военно-морского флота	182
Особенности управления военно-морским флотом	186
Корабельные средства радиосвязи	197
Береговые средства радиосвязи	199
Глава VIII. Применение телевидения в военном деле	199
ЧАСТЬ ВТОРАЯ	
РАДИОЛОКАЦИОННАЯ ТЕХНИКА	
Глава IX. Краткая история развития радиолокации в СССР	209
Глава X. Физические основы радиолокации	215
Принцип определения координат радиолокационными станциями	219
Блок-схема радиолокационной станции	239
Основные тактико-технические характеристики радиолокационных станций	250
Максимальная дальность действия радиолокационной станции	257
Частота повторения и максимальная дальность действия радиолокационной станции	258
Влияние кривизны земной поверхности на дальность действия радиолокационной станции	258
Влияние сверхрефракции на дальность радиолокационного обнаружения	261
Затухание радиоволн	264
Глава XI. Инфракрасная техника	266
Классификация радиолокационных и инфракрасных средств	272
Глава XII. Радиолокационные средства противозушной обороны	273
Радиолокационные станции дальнего обнаружения	—
Станции обнаружения самолетов противника и наведения на них истребительной авиации	281
Радиолокационное вооружение самолетов-истребителей	289
Радиолокационные средства ствольной зенитной артиллерии	296
Радиолокационные средства наведения зенитных управляемых снарядов	305
Глава XIII. Радиолокационные и инфракрасные средства военно-морских сил	318
Береговые радиолокационные станции	319
Береговые тепловизионные станции	325
Корабельные радиолокационные станции	327
Средства радионавигации кораблей	340
Корабельные инфракрасные приборы	345

	Стр.
Глава XIV. Радиолокационное вооружение военно-воздушных сил	349
Радиолокационное вооружение бомбардировочной авиации	350
Импульсные радионавигационные средства	364
Авиационные инфракрасные приборы	369
Автономные навигационные радиолокационные станции	370
Системы посадки самолетов по приборам	376
Глава XV. Радиолокационные и инфракрасные средства сухопутных войск	382
Радиолокационные средства ПВО войск	—
Радиолокационные средства наземной артиллерии	383
Инфракрасные приборы сухопутных войск	390
Глава XVI. Аппаратура радиолокационного опознавания целей	396
Глава XVII. Метеорологические радиолокационные станции	400
Глава XVIII. Средства борьбы с радиолокацией	405
Аппаратура радиоразведки радиолокационных средств	406
Станции радиолокационных (активных) помех	411
Средства пассивных помех	415
Защита от помех	418
Список использованной литературы	420

Константин Михайлович Листов, Кирилл Николаевич Трофимов
Радио и радиолокационная техника и их применение

Редактор подполковник *Глутиков П. И.*

Технический редактор *Стрельникова М. А.* Корректор *Ларин В. В.*

Сдано в набор 22.9.58 Г-57065 Подписано к печати 8.12.59

Формат бумаги 60×92¹/₁₆ — 26¹/₂ печ. л. = 26,5 усл. печ. л. 25,505 уч.-изд. л.

Военное издательство Министерства обороны Союза ССР

Москва, К-9, Тверской бульвар, 18.

Изд. № 5/9823

Цена 9 р. 15 к.

Зак. № 2394.

2-я типография Военного издательства Министерства обороны Союза ССР
 Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10.